CENTRE
SAINT-LAURENT
ST. LAWRENCE
CENTRE

A SUMMARY REPORT ON SWIMMER'S ITCH IN QUEBEC

Scientific and Technical Report ST-234E

Canada

Saint-Laurent
Vision 2000

Québec

106-02895/

A SUMMARY REPORT ON SWIMMER'S ITCH IN QUEBEC

Scientific and Technical Report ST-234E

A Summary Report on Swimmer's Itch in Quebec

Sean Locke and David J. Marcogliese
River Ecosystems Research

St. Lawrence Centre
Environmental Conservation Branch
Environment Canada

March 2005

NOTICE TO READERS

Questions and comments may be addressed to the St. Lawrence Centre, Environmental Conservation Branch, Environment Canada – Quebec Region, 105 McGill Street, 7th Floor, Montreal, Quebec, H2Y 2E7.

Correct citation for this publication:
Locke, S. and D.J. Marcogliese. 2005. *A Summary Report on Swimmer's Itch in Quebec*. Scientific and Technical Report ST-234E. Environment Canada – Quebec Region, Environmental Conservation Branch, St. Lawrence Centre. 42 pages.

© Minister of Public Works and Government Services Canada 2005
Catalogue No. En 152-1/234-2005E
ISBN 0-662-41309-1

Management Perspective

Swimmer's itch is a short-term immune reaction occurring in the skin of people accidentally infected by waterborne parasites of snails and birds or rodents. Reports of swimmer's itch in the Great Lakes–St. Lawrence Basin have become more frequent since the condition was first described in 1928. Although not suspected to pose a serious health risk, outbreaks can limit recreational activities and affect local economies in lake districts. Cases have been reported throughout southern Quebec, where human populations are expected to increase in coming decades. Together with habitat changes predicted to occur with development and climate change, this demographic trend is likely to bring more people into contact with the parasites that cause swimmer's itch and thereby increase incidence in humans in the St. Lawrence watershed. This report provides a biological summary of the parasites that cause swimmer's itch and reviews control measures studied to date. Its publication was made possible by the St. Lawrence Action Plan, a Canada–Quebec initiative aimed at understanding, protecting and restoring the St. Lawrence ecosystem.

Perspective de gestion

La dermatite du baigneur, appelée également dermatite schistosomiale, est une réaction cutanée immunitaire de brève durée de personnes infectées accidentellement par des parasites aquatiques d'escargots, d'oiseaux ou de rongeurs. La dermatite du baigneur, décrite pour la première fois en 1928, est maintenant fréquemment rapportée dans le bassin Grands Lacs–Saint-Laurent. Bien qu'elle ne soit pas supposée présenter un risque sérieux pour la santé, une flambée de cas peut limiter les activités récréatives et avoir un impact sur les économies locales des régions de lacs. Des cas ont été rapportés dans tout le sud du Québec où il est prévu que la population humaine augmentera dans les décennies à venir. Accompagnée de perturbations des habitats dues au développement et aux changements climatiques, cette tendance démographique augmentera le nombre de personnes en contact avec les parasites qui causent la dermatite du baigneur et accroîtra par conséquent le nombre de cas dans la population humaine du bassin Grands Lacs–Saint-Laurent. Ce rapport décrit brièvement la biologie des parasites qui causent la dermatite du baigneur et passe en revue les mesures de contrôle étudiées jusqu'à maintenant. Ce document a été produit dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent, une initiative Canada-Québec qui vise à comprendre, à protéger et à restaurer l'écosystème du Saint-Laurent.

Acknowledgements

We thank Michèle Létienne-Prévost, Sophie Lalonde and Patricia Potvin for their excellent professional editorial services. Production of this report was funded by the St. Lawrence Vision 2000 Action Plan Phase IV.

Abstract

Swimmer's itch is a short-term immune reaction caused by schistosomes that parasitize aquatic snails and birds. The condition occurs after people are accidentally infected by a free-living transmission stage of the parasite, the cercaria, which emerges from the snail in search of the next host, but is unable to complete its life cycle in humans. The cercaria dies in human skin, causing itchy papules lasting up to ten days. Symptoms are more severe on reinfection and can cause insomnia. Although not known to pose significant risk to public health in Canada, outbreaks elsewhere have resulted in lake closures and affected local economies in recreational lake districts. Given projected demographic and climatic changes in southern Quebec, incidence is likely to increase in this province. Control of swimmer's itch depends on a thorough understanding of the biology of avian schistosomes. The risk of severe cases may be reduced through public awareness of risk factors such as duration of exposure to lake water, sunny conditions, shallow depths, onshore winds, morning exposure, early to mid-summer exposure, prior history of swimmer's itch and exposure to waters known to be periodically infested. It is difficult to screen for cercariae in natural waters, but infections in snails and birds are detectable with the right equipment and expertise. Molluscicides used in the past to extirpate infested snail populations have had mixed results. Mechanical disturbance of snail habitat, which has been used successfully in Quebec, appears to be more effective and to pose less environmental risk. Another promising technique uses the anthelmintic drug Praziquantel to treat hatchling waterfowl resident at infested lakes. Experimental work on N,N-diethyl-*m*-toluamide (DEET) as a topical prophylaxis against cercarial penetration is also cause for hope. Currently, reducing swimmer's itch requires a multipronged approach involving public awareness of risk factors and, potentially, snail habitat disturbance and/or treatment of birds with anthelmintics. The latter strategies require biological and veterinary expertise, specialized equipment, manpower and the notification of provincial authorities.

Résumé

La dermatite du baigneur est une réaction cutanée immunitaire à court terme causée par des schistosomes qui parasitent les escargots et les oiseaux aquatiques. Cette réaction survient lorsque des personnes sont accidentellement infectées par le stade libre du parasite, la cercaire, qui émerge de l'escargot, à la recherche de son prochain hôte, un oiseau. La cercaire ne peut compléter son cycle de vie chez l'être humain parce qu'elle meurt dans sa peau, causant des papules prurigineuses pouvant durer jusqu'à dix jours. Les symptômes sont plus graves lorsqu'il s'agit d'une réinfection et peuvent causer jusqu'à de l'insomnie. Bien que cette infection ne soit pas connue pour présenter un risque important pour la santé publique au Canada, des flambées de cas ont entraîné ailleurs la fermeture de lacs et affecté les économies locales dans les régions de lacs récréatifs. Étant donné les changements démographiques et climatiques prévus dans le sud du Québec, les cas d'infection vont probablement augmenter dans cette province. Le contrôle de la dermatite du baigneur dépend d'une compréhension profonde de la biologie des schistosomes aviaires. Il est possible de réduire le risque de cas graves en sensibilisant la population aux facteurs de risques, comme la durée de l'exposition à l'eau d'un lac, les conditions ensoleillées, les faibles profondeurs, les vents du large, l'exposition matinale, l'exposition au début et au milieu de l'été, ainsi qu'une dermatite schistosomiale antérieure et une exposition précédente à des eaux connues pour être infestées périodiquement. Il est difficile de dépister des cercaires dans les eaux naturelles, mais les infections chez les escargots et les oiseaux sont détectables avec le bon équipement et de l'expertise. Les molluscicides utilisés dans le passé pour éliminer les populations infectées d'escargots ont eu des résultats discutables. Le dérangement mécanique des habitats de l'escargot, employé avec succès au Québec, semble plus efficace et présenter moins de risques pour l'environnement. Une autre technique prometteuse est l'emploi de l'anthelminthique Praziquantel pour traiter les oisillons aquatiques dans les lacs infestés. Sont également prometteurs des travaux expérimentaux sur le N,N-diéthyl-3-méthylbenzamide (DEET) pour une prophylaxie topique contre la pénétration des cercaires. Actuellement, la lutte contre la dermatite du baigneur exige une approche à multiples paliers où est conjuguée la sensibilisation du public aux facteurs de risques avec, si possible, le dérangement mécanique des habitats de l'escargot et/ou le traitement des oiseaux avec des anthelminthiques. Ces dernières stratégies nécessitent une expertise biologique et vétérinaire, de l'équipement spécialisé, de la main-d'oeuvre et la notification des autorités provinciales.

Table of Contents

ABSTRACT		V
RÉSUMÉ		VI
LIST OF TABLES		VIII
DEFINITIONS		IX
ABBREVIATIONS		XI
1	**INTRODUCTION**	1
2	**ETIOLOGY**	2
3	**EPIDEMIOLOGY**	3
4	**THE SCHISTOSOME LIFE CYCLE**	6
4.1	THE BIRD HOST	11
4.2	THE EGG	13
4.3	THE MIRACIDIUM	13
4.4	THE SNAIL HOST	13
4.5	THE CERCARIA	16
5	**SCREENING**	18
6	**CONTROL MEASURES**	20
6.1	THE BIRD HOST	20
6.2	THE SNAIL HOST	21
6.3	OTHER CONTROL MEASURES	24
REFERENCES		26

List of Tables

1 The schistosome life cycle 6

2 Schistosomes associated with cercarial dermatitis in North America 7

3 Prevalence of schistosome infections in North American birds 12

4 Prevalence of schistosome infections in snails in North America 14

Definitions

Abundance: The number of parasites divided by the number of hosts, including hosts that are not infected.

Anatid: A member of the family Anatidae: ducks, geese and swans.

Cercaria: A waterborne, free-living developmental stage of a trematode that emerges from the snail intermediate host and, in schistosomes, infects the vertebrate definitive host.

Challenge: The exposure of a host to a parasite in an infective developmental stage.

Definitive host: A host in which sexual reproduction occurs.

Drive trap: A non-harmful, corral-like trap used in bird banding.

Fluke: A parasitic trematode flatworm.

Icterid: A member of the family Icteridae: orioles, blackbirds, grackles, oropendolas, caciques, and cowbirds.

Incidence: The number of hosts newly infected by a given parasite species per unit of time.

Intensity: The number of parasites divided by the number of infected hosts.

Intermediate host: A host in which a parasite develops but sexual reproduction does not occur.

Gigantism: Development to an abnormally large size.

Life cycle: For parasites, all developmental stages of a parasite as well as the intermediate and definitive hosts in which they are found.

Lumen: The internal cavity of an organ.

Miracidium: A ciliated, waterborne, free-living developmental stage of trematodes that emerges from an egg shed by the definitive host and infects the intermediate host.

Murine: A member of the family Muridae: mice and rats.

Naïve: An organism which has not previously been exposed to a parasite.

Patency: The period of infection during which a parasite produces eggs or larvae.

Periphyton: Unicellular algae which attach to a submerged surface.

Platyhelminth: A flatworm, member of the phylum Platyhelminthes.

Prepatency: The period of infection preceding shedding of eggs or larvae by a parasite.

Prevalence: The proportion of hosts infected by one or more individuals of a given parasite species, often expressed as a percentage.

Schistosome: A member of the trematode family Schistosomatidae.

Schistosomiasis: A human disease caused by schistosomes of the genus Schistosoma.

Schistosomulum: A parasitic, sexually immature developmental stage of schistosomes occurring in the vertebrate definitive host.

Sporocyst: A parasitic developmental stage of trematodes occurring in the molluscan intermediate host that generates asexually produced larvae.

Tegument: The outer membrane of a platyhelminth.

Trematode: A member of the subclass Trematoda, in the phylum Platyhelminthes.

Virulence: The propensity of a parasite to cause harm; pathogenicity.

Abbreviations

d	Days
P.I.	Post-infection
wks	Weeks

1 Introduction

Swimmer's itch is a short-term, non-communicable immune reaction occurring in the skin of people infected by a family of waterborne parasites known as schistosomes. Schistosomes are one of several kinds of trematodes, which are a type of flatworm or platyhelminth. The developmental stage of the schistosome that penetrates human skin is the cercaria. The symptoms of the disease and developmental stage of the parasite give swimmer's itch its technical name: cercarial dermatitis.

Schistosomes that cause swimmer's itch have parasitic stages in a snail and a vertebrate — usually a bird — and are unable to complete their life cycles in humans. Bathers commonly develop the condition when they swim in shallow lake waters inhabited by snails infected with the parasites.

Although apparently not a significant risk to public health, as a nuisance, swimmer's itch has the potential to adversely affect recreational activities in lake districts such as those present throughout southern Quebec. People who experience severe episodes subsequently reduce their recreational use of infested lake waters (Verbrugge et al. 2004). Widespread or well publicized outbreaks (e.g. Chamot et al. 1998) are thought to have economic impacts in areas where lake-oriented tourism is significant; indeed, outbreaks have resulted in the closure of lakes to the public (de Gentile et al. 1996).

2 Etiology

An estimated 30–40% of swimmers exposed to avian schistosomes develop symptoms (Blankespoor 1980), which consist initially of mildly itchy red spots on the skin. These develop into larger, raised papules within as little as one hour or as much as 15 hours post-infection (P.I.) and can last up to ten days (Lévesque et al. 1990; Zbikowska 2004). Papules are associated with intense itching, which can cause insomnia (Blankespoor and Reimink 1988) and, in rare cases, may lead to secondary infections with systemic symptoms (Lévesque et al. 1990; Ridenour 2003). Each papule corresponds to the penetration site of a single schistosome. People reporting a tingling or prickling sensation on the skin following exposure are more likely to develop symptoms (Chamot et al. 1998), which generally continue for 3 to 4 days (Blankespoor and Reimink 1988a).

When a human is infected by cercariae for the first time, the immune system mounts a two-fold response: a slower, specific reaction targeting the tegument shed by the cercaria after penetration and the proteins it uses to penetrate the skin (Hoeffler 1982); and a mild, non-specific inflammatory response at the penetration site (Horak and Kolarova 2001). The specific reaction allows the immune system to remember and recognize the invader in the event of subsequent infections. Upon reinfection, the primed immune system triggers a quicker and more severe non-specific inflammatory response, resulting in an overreaction — a phenomenon known as immune hypersensitivity, which is similar to an allergic reaction (Hoeffler 1982; de Gentile et al. 1996; Ridenour 2003). First-time infections are more likely to be asymptomatic; symptoms indicate a person has probably previously been infected by schistosome cercariae.

3 Epidemiology

Swimmer's itch was first reported in 1928 in a Michigan lake (Cort 1928). In North America, the condition is thought to be more frequent in areas with glacial lakes, particularly the Great Lakes–St. Lawrence Basin (Jarchow and Van Burkalow 1952; Blankespoor 1980). The continent's glacial lakes and their basins provide good breeding grounds for waterfowl and lymnaeid snails are more diverse in these habitats than regions that were not glaciated during the Pleistocene (Jarchow and Van Burkalow 1952); moreover, the Great Lakes–St. Lawrence Basin lies under the Mississippi Flyway of migratory waterfowl.

In 1988, 74 cases of swimmer's itch traceable to 28 water bodies were reported in all five regions surveyed within Quebec, namely Rimouski, Rouyn-Noranda, Lake Saint François, Portneuf and Hull (Lévesque et al. 1990). Swimmer's itch has also been reported in Lake Nairne (Giovenazzo 2002), at two beaches near Quebec City (Giovenazzo et al. 1995), in Lake Beauport (Lévesque et al. 2002) and in Lake Aylmer (R. Chatelain, pers. comm. 2003).

On a global scale, reports of swimmer's itch are increasing in frequency and some suggest incidence is rising (de Gentile et al. 1996; Kock and Böckeler 1998; Giovenazzo 2002; Hjørngaard Larsen 2004), although this may also be attributed to improved awareness and reporting (Blankespoor and Reimink, 1988a). What little data are available on changes in schistosome populations in birds and snails do not support increases in parasite numbers as a cause for increased incidence. In a Michigan lake, schistosomes have become less prevalent and diverse in birds over the last 50 years (Keas and Blankespoor, 1997) and others have reported no change in the prevalence of trematodes in natural snail populations observed over a 20-year period (Zbikowska 2004). However, the relationship between schistosome prevalence in snails and swimmer's itch incidence in humans is unclear. Low or even declining prevalence in snails may co-occur with increasing incidence in humans if, for example, increasing numbers of people swim in infested water bodies. This may prove to be the case in southern Quebec, where human populations are predicted to increase by 10–30% between 2001 and 2026 in recreational lake districts (i.e. Eastern Townships, the Laurentians, Lanaudière, Montérégie and Outaouais) (ISQ 2004).

A number of risk factors for swimmer's itch have been proposed. Sunny conditions, warm ambient temperatures, shallow depths, onshore winds, algal abundance and morning swims during early to mid-summer months are frequently associated with increased swimmer's itch incidence, especially if preceded by an overcast, cool period (Blankespoor 1980; Giovenazzo et al. 1995; Chamot et al. 1998; Lindblade 1998; Normandeau 1988; Horak et al. 2002; Verbrugge et al. 2004). Other suggested risk factors include age and previous history of swimmer's itch (Lindblade 1998; Chamot et al. 1998). However, increased risk among children likely reflects their tendency to stay for longer durations in shallow water; otherwise, when taken into account, age and gender have no effect on incidence, while duration of swimming does (Verbrugge et al. 2004). The effect of warm weather on incidence may have several causes, including increased frequency of swimming (Verbrugge et al. 2004) and, via increased water temperatures, altered cercarial behaviour (Chamot et al. 1988), increased rates of schistosome development in the snail host (Lindblade 1988) and increased rates of cercarial shedding (Verbrugge et al. 2004).

At the scale of a lake, swimmer's itch incidence is sometimes associated with endemic 'hot spots' (e.g. Lindblade 1998; Leighton et al. 2000), although it can also be widespread (e.g. Chamot et al. 1998). Free-swimming cercariae are thought to accumulate near the water surface, where they are subject to wind-driven surface currents (Leighton et al. 2000; Blankespoor, 1980; Verbrugge et al. 2004). In theory, this should produce endemic areas and higher concentrations near shore, but it may also cause cercarial drift, resulting in shifting and sporadic endemic areas (Leighton et al. 2000).

Anthropogenic habitat alteration may also affect rates of swimmer's itch in humans. The construction of retaining walls and riprap for bank stabilization may provide favourable egg-laying habitat for schistosome-harbouring snail species (Blankespoor and Reimink 1988a). Three swimmer's itch outbreaks in France were attributed to eutrophication of recreational water bodies as well as a hot, sunny summer. These conditions led to population increases and habitat expansion in the snail *Lymnaea ovata*, the non-migration of local duck colonies and increased swimming (de Gentile et al. 1996). Similarly, an increased risk of swimmer's itch in Moscow was ascribed to snail population increases resulting from the eutrophication of municipal water bodies due to urban waste, as well as colonization by mallards escaped from local farms (Be'er and German 1993). Long-term climate change may also alter swimmer's itch rates in humans. De Gentile et al. (1996) note that the three outbreaks in France were preceded by several years of

unusually mild and rainy winters and hot summers. In southern Quebec, the rising summer temperatures projected to occur over the next 50 years may lengthen growing seasons for snail hosts and prolong the residence time of migrating bird hosts, resulting in increased transmission (Marcogliese 2001) and more widespread swimmer's itch incidence in humans. Some habitat alterations may reduce swimmer's itch rates. A number of contaminants commonly released into aquatic ecosystems — mainly heavy metals, but also herbicides, pesticides and molluscicides — have been experimentally shown to negatively affect the survival or infectivity of cercariae of the human parasite *Schistosoma* (Pietrock and Marcogliese 2003).

4 The Schistosome Life Cycle

The schistosome life cycle is summarized in the following table.

Table 1
The schistosome life cycle

Schistosome developmental stage	Habitat/Host		Reproduction
Egg • Miracidium •	Free-living in water		
Mother sporocyst ••• Daughter sporocyst •••	Aquatic snail	Intermediate	Asexual
Cercaria •	Free-living in water		
Schistosomulum • Adult schistosome •••	Vertebrate (bird, mammal, fish, reptile)	Definitive	Sexual
Egg	Passed into water with feces		

• Developmental change.
••• Reproduction.

The schistosome life cycle includes parasitic phases in two hosts, a snail and a vertebrate, and two free-living transmission stages. Asexual reproduction occurs in an aquatic snail (the intermediate host) and sexual reproduction occurs in the vertebrate (the definitive host). From each host a short-lived, non-feeding stage emerges and swims in search of the next host in the cycle. Table 2 provides a list of some North American schistosome species and their hosts.

Table 2
Schistosomes associated with cercarial dermatitis in North America

Genus and species of schisostome	Intermediate host		Definitive host		
	Species	Development	Species	Development	Other
Trichobilharzia					
• *adamsi*	*Physa c.f. coniformis*[1]		Experimental infection of domestic *Anas platyrhynchos* and *A. domesticus*[1]	Maturity in liver in final host > 42 d P.I.[1]	Natural definitive host unknown[1]
• *alaskensis*	*Lymnaea stagnalis*[1]		Twice experimentally in *Anas platyrhynchos*[1]	Maturity in intestinal veins 10–17 d P.I.[1]	Natural definitive host unknown[1]
• *brantae*			Reported once in wild goose[1]	Maturity in mesenteric and renal veins[1]	
• *burnetti*			Reported once in *Aythya collaris*[1]	Maturity in cloacal vein[1]	
• *cameroni*	*Physa gyrina*[1]	Cercariae develop 28–35 d after miracidial penetration[1]	Experimental infection of *Anas platyrhynchos*, *Columbia livia* and *Serinus canarius*[1]	Maturity in veins in wall of small intestine[1]	
• *elvae*	*Lymnaea palustris*, *L. stagnalis*[1]		Experimental infection of *Anas platyrhynchos* and *Serinus canarius*[1]	Maturity in intestinal veins 13 d P.I.[1]	*T. elvae*, the first species implicated in swimmer's itch, may be equivalent to *T. ocellata*[1]
• *horiconensis*			Reported once in *Aythya americana*[1]	Maturity in cloacal vein[1]	
• *kegonsensis*			Reported once in *Aythya vallisneria*[1]	Maturity in cloacal vein[1]	
• *ocellata*	*Lymnaea japonica*, *L. limosa*, *L. ovata*, *L. palustris*, *L. peregra* and *L. stagnalis*[1]; does not infect *Physa gyrina*[3], *Radix ovata* or *R. auricularia*; infects *L. stagnalis* and *Stagnicola palustris*[4]	Cercariae emerge 7 wks P.I. at 20°C and 4–5 wks P.I. at 25°C; patency for > 123 d[5]	*Anas platyrhynchos* (wild and domestic), *A. acuta*, *A. clypeata*, *A. crecca*, *A. discors*, *A. falcata*, *A. formosa*, *A. penelope*, *A. poecilorhyncha*, *A. querquedula*, *A. rubripes* (experimentally), *A. strepera*, *Aythya fuligula*, *Netta rufina*, *Sterna hirundo*[1]	Young worms in lungs 2–9 d P.I.; maturity 8–21 d P.I.; eggs in intestinal wall 9–56 d P.I., in feces 13–40 d P.I.; patency continued to 146 d P.I.[1,6]	*T. ocellata* is probably synonymous with other species and likely comprises distinct species[4]
• *oregonensis*	*Physa ampullacea*[1]	Cercariae emerge 23 d P.I.[1]	Experimental infection of domestic *Anser anser* and *Anas platyrhynchos*[1]	Maturity in hepatic portal veins, veins of intestine and cecal walls[1]	

Genus and species of schisostome	Intermediate host		Definitive host		Other
	Species	Development	Species	Development	
• *physellae*	*Lymnaea japonica*, *Physa gyrina*, *P. parkeri*, *Physella magnalacustris*, *P. pripinqua*[1]; does not infect *Stagnicola catascopium*[7]	Cercariae emerge 34 d P.I.[1]	*Mergus merganser*[7]; *Anas platyrhynchos* (wild and domestic), *A. acuta*, *A. clypeata*, *A. crecca*, *A. discors*, *A. falcata*, *A. formosa*, *A. penelope*, *A. poecilorhyncha*, experimental infection of domestic *Columbia livia* and wild *Serinus canarius*[1]	Maturity in portal and intestinal veins; males in mesenteric veins, females in venules beneath serosa and intestinal submucosa[1]	
• *stagnicolae*	*Lymnaea emarginata*[1], *Stagnicola emarginata*[8], *S. catascopium*; does not infect *Physa* spp.[7]		Experimental infection of *Serinus canarius*[1]; wild infections in *Aix sponsa*, *Merganser merganser*, *Branta canadensis*, *Anas platyrhynchos*, *Quiscalus quiscula*[8]	Maturity in small intestinal veins less than 6 wks P.I.[1]	
• *waubesensis*			Reported once in *Anas americana*, *A. collaris*[1]	Maturity in intestinal and cloacal veins[1]	
Schistosomatium					
• *douthitti*	*Lymnaea emarginata*, *L. stagnalis* and *L. palustris*[9]	Cercarial shedding is nocturnal[10] and begins 6–8 wks P.I.[9]	Arvicolines: voles, muskrats[11]		
Gigantobilharzia					
• *huronensis*	*Gyraulus parvulus*[7]; *Physa gyrina*, *P. integra*, *P. parkeri* and possibly *Lymnaea palustris*[9]		Mainly icterids: *Quiscalus quiscula*, *Agelaius phoeniceus*[7, 12]; but also fringillids (cardinals and sparrows), sturnids (starlings) and motacillids (wagtails)[9]	Patency 35–45 d P.I.[12]	Usually referred to as *Gigantobilharzia* sp.; *G. huronensis* is the only commonly reported species[9]
Australobilharzia					
• *canadensis*			Reported once in *Aythya valisneria*[1]	Maturity in hepatic portal vein[1]	
• *chapini*			Reported once in *Aythya affinis* and *Mergus serrator*[1]	Maturity in mesenteric veins[1]	
• *manitobensis*			Reported once in *Aythya valisneria*[1]	Maturity in hepatic portal vein[1]	

Genus and species of schisostome	Intermediate host		Definitive host		
	Species	Development	Species	Development	Other
• *variglandis*	*Littorina pintado*, experimentally in *Littorina scabra* and *Nassarius obsoletus*[1]		Experimentally in domestic *Anas platyrhynchos*, *Columbia livia* and *Serinus canarius*, as well as *Gallus gallus*, *Anous stolidus*, *Larus argentatus*, *Sterna fuscata* and *Arenaria interpres*[1]	Mesenteric and (rarely) hepatic veins[1]	

Sources: 1. McDonald 1969. 2. Cort 1928. 3. Loken et al. 1995. 4. Kock 2001. 5. Horak et al. 2002. 6. Smyth and Halton 1983. 7. Leighton et al. 2000. 8. Blankespoor and Reimink 1991. 9. Hoeffler 1982. 10. Ginetsinskaya 1968. 11. Keas and Blankespoor 1997. 12. Guth et al. 1979.

P.I.: Post-infection.

Adults of nonhuman schistosomes live and reproduce in vertebrates, most commonly in the bile ducts of aquatic birds. Unlike other fluke families, which are hermaphroditic, schistosomes have separate sexes and both must be present in the definitive host for the parasite to complete its life cycle. Adult schistosomes release eggs which pass out of the host's body with the feces.

The egg hatches in water, releasing a small free-living stage, the miracidium, which is either male or female. The miracidium swims in search of the intermediate host, a snail. Miracidia cannot infect any snail, but are restricted to a single species or a small number of closely related species, often lymnaeids (Smyth and Halton 1983; Horak et al. 2002).

If successful in locating and penetrating a snail, the miracidium develops into a mother sporocyst in the snail's head-foot region. The mother sporocyst continually produces daughter sporocysts (sacs filled with embryos), which migrate to the snail's hepatopancreas or reproductive organs. Asexual reproduction by the daughter sporocysts produces large numbers of another short-lived, free-living, non-feeding stage known as cercariae. Cercariae are genetically and sexually identical to their miracidial 'parent' and consist of an elongated body and a forked tail, which they use to swim in search of the definitive host.

On locating a compatible host, the cercaria uses suckers to crawl along the surface in search of an opening such as a wrinkle or follicle and sheds its tail as it attempts to penetrate. After penetration, the parasite casts off its cercarial tegument and is then known as a

schistosomulum. The schistosomulum enters the circulatory system, begins feeding and migrates to the lungs and then to the vascular system near or in the intestine. Here the worm matures and mates with another schistosome, after which the female releases eggs to begin the cycle anew.

The definitive host of most species of schistosomes that cause swimmer's itch are birds, particularly waterfowl. The genus most often implicated, *Trichobilharzia*, is the most diverse and best studied of the avian schistosomes. This group is usually found in anatids (ducks, geese and swans), although it also occurs in North American grebes, herons, pigeons and icterids (perching birds: blackbirds, grackles and orioles) (Horak et al. 2002). *Gigantobilharzia*, which also causes swimmer's itch, appears to infect mainly icterids (Guth et al. 1979; Leighton et al. 2000). Another nonhuman schistosome, *Schistosomatium*, infects voles and muskrats (Keas and Blankespoor, 1997). The most medically important genus in the family, *Schistosoma*, parasitizes humans, afflicting over 200 million people in tropical and subtropical regions (Horak et al. 2002). The attraction of cercariae to humans has been attributed to the similarity in lipid composition of bird and human skin (Horak et al. 2002).

Humans are accidental hosts for avian schistosomes, which cannot complete their life cycles in a mammal. Avian schistosomes usually die in the skin of mammals that have previously been infected (Horak and Kolarova 2001). In human skin biopsies, schistosome penetration does not exceed a depth of 1 mm (Hoeffler 1982) and *Trichobilharzia* schistosomula appear intact 3–9 hours post-infection, but show tegument degradation 24 hours post-infection (Horak et al. 2002). However, in naïve mammals, avian schistosomes reach the liver, kidney, heart and lungs of mice, hamsters, guinea pigs and rabbits and the lungs of rhesus monkeys (Penner 1941; Hoeffler 1974). Schistosomula of the European *Trichobilharzia regenti* (which sheds eggs in tears of birds) have been found in mammalian nervous tissue (Horak et al. 2002).

During the parasitic stages in the schistosome life cycle, significant reproduction occurs. A bird infected by a pair of reproductively active adult worms can release many schistosome eggs. Similarly, a snail infected by a single miracidium can shed large numbers of cercariae (e.g. up to 1500 *Trichobilharzia ocellata* cercariae emerge daily from *Stagnicola elrodi* [Graham 2003]). Thus the seemingly low prevalence generally found among snails (< 5%) can be associated with a large number of cases in humans and a higher prevalence may not entail an appreciable increase in human infections (Zbikowska 2004).

4.1 THE BIRD HOST

Avian schistosomes have high mortalities at several points in their migration through the tissues of the definitive host. Most cercariae fail to cross the skin barrier of birds and many schistosomula fail to pass through the lungs to the intestine (Horak et al. 2002). Schistosomula that reach the lungs remain there for 4 to 16 days post-infection (Horak et al. 2002). Those that succeed in continuing on to the intestinal vascular system and mating produce eggs in as little as 9 days post-infection (McDonald, 1969; Smyth and Halton 1983). Patencies of 10 days post-infection have been reported in Quebec (Giovenazzo et al. 1995), while 3 to 4-week periods were observed in Michigan (Blankespoor and Reimink 1991).

The life span of *Trichobilharzia* in the definitive host is generally brief (Guth et al. 1979; Horak et al. 2002). In waterfowl, mature worms usually die soon after depositing their eggs, although live, mature *Trichobilharzia* have occasionally been found over one year post-infection (Horak et al. 2002) and experimental, patent infections with *Gigantobilharzia* in canaries (*Serinus canarius*) have been observed to last over one year (Guth et al. 1979).

The common merganser (*Mergus merganser*), mallard (*Anas platyrhynchos*) and wood duck (*Aix sponsa*) appear to be important hosts for schistosomes that cause swimmer's itch (Guth et al. 1979, Blankespoor and Reimink 1991; Loken et al. 1995; Leighton et al. 2000). Among 14 species of birds at a Michigan lake, the highest prevalence occurred in the wood duck, common merganser, mallard, Canada goose (*Branta canadensis*) and common grackle (*Quiscalus quiscula*) (Blankespoor and Reimink 1991) (Table 3).

Younger waterfowl are more likely to be infected by schistosomes than adults, but this does not appear to be true for perching birds. In a multi-site Michigan survey of 43 species of wild birds, infections were less common (12%) among adult anatids than among hatchlings (46%), but were uniform (•15%) among adult and hatchling red-winged blackbirds and common grackles (Guth et al. 1979). At a Michigan lake where swimmer's itch had been frequently reported, most of the 89% of common mergansers that were infected were hatchlings (Blankespoor and Reimink 1991). Prevalence among common mergansers in Cultus Lake, B.C., increased as the season continued, with few adults infected in spring, juvenile infections appearing in early summer and all individuals infected by September (Leighton et al. 2000). Higher prevalence in hatchlings in wild anatids (e.g. Guth et al. 1979) suggests that waterfowl die

from or are cleared of their infections as they age or that older birds are more resistant to infection (Reimink et al. 1995).

Table 3
Prevalence of schistosome infections in North American birds

Latin name	English name	Number examined		Prevalence (%)		Source
		Hatchling	Adult	Hatchling	Adult	
Aix sponsa	Wood duck	13	6	31	33	1
		2		100		2
Anas discors	Blue-winged teale			60		1
Anas platyrhynchos	Mallard	63	5	63	40	1
		17		24		2
Agelaius phoeniceus	Red-winged blackbird	7	63	14	14	1
Branta canadensis	Canada goose	45		9		2
		137	87	39	8	1
Cyanocitta cristata	Blue jay	26	37	0	3	1
Dumetella carolinensis	Grey catbird	0	28		4	1
Melospiza melodia	Song sparrow	716	528	16.6	9.5	1
Mergus merganser	Common merganser	$100 < n < 120$		82–98		3
		87		83.9		4
Molothrus ater	Brown-headed cowbird	25	7	0	0	1
Parus atricapillus	Black-capped chickadee	12	8	0	0	1
Parus bicolor	Tufted titmouse	6	14	0	7	1
Passer domesticus	House sparrow	140	39	0	0	1
Quiscalus quiscula	Common grackle	228	129	7	19	1
		29		7		2
Turdus migratorius	American robin	18	36	0	0	1

Sources: 1. Guth et al. 1979. 2. Blankespoor and Reimink 1991. 3. Leighton et al. 2000. 4. Loken et al. 1995.

Schistosomes have also been described in domestic ducks, but these reports usually represent intentional experimental infections (McDonald 1969). For captive ducks to become infected by schistosomes they must be exposed to water inhabited by suitable snail hosts.

Intense schistosome infections are harmful to ducks and can cause swelling of the feet and legs, emaciation, weight loss, stunted growth and death (Horak et al. 2002).

4.2 THE EGG

Eggs shed by adult schistosomes are spindle shaped and pass through the gut wall into the lumen of the intestine and out of the host's body with the feces. Eggs that fail to reach the intestinal cavity and lodge in other organs, such as the liver, are responsible for most pathology associated with avian schistosomiasis. Once shed in the feces and immersed in water, eggs hatch within minutes in response to osmotic pressure (Horak et al. 2002).

4.3 THE MIRACIDIUM

After emerging from the egg, the free-living miracidium uses cilia to swim in search of an intermediate host, a snail. The miracidium can chemically detect snails and distinguish potential intermediate hosts from other species (Smyth and Halton 1983; Kock 2001; Horak et al. 2002). This stage does not feed and must locate and infect a snail quickly; maximum life spans rarely exceed 24 hours (Hoeffler 1982; Horak et al. 2002) and tend to be shorter if miracidia hatch from older eggs (Roberts and Janovy 1996). Miracidia survive better at lower temperatures (e.g. up to 34 hours longer at 4°C than at 18°C for *Schistosomatium douthitti* [Ginetsinskaya 1968]).

4.4 THE SNAIL HOST

Avian schistosomes typically use lymnaeid and physid snails as intermediate hosts. In Canada, *Lymnaea catascopium*, *Stagnicola emarginata*, *Stagnicola elodes*, *Stagnicola palustris*, *Physella gyrina* and *Physa* spp. have been implicated in swimmer's itch transmission (Swales 1936; Normandeau 1988; Giovenazzo et al. 1995; Leighton et al. 2000). In North America, reported schistosome prevalence in lymnaeids and physids seldom exceeds 5% (Table 4); several long-term studies in Europe report prevalence of *Trichobilharzia* in these snails near 1% (Hjørngaard Larsen 2004).

Table 4
Prevalence of schistosome infections in snails in North America

Snail	Locality	Schistosome	Prevalence (%)	Source
Aplexa hypnorum tryoni	Clear Lake, Manitoba		0	1
Gyraulus parvus	Cultus Lake, British Columbia	*Gigantobilharzia* sp.	–	2
Helisoma spp.	Clear Lake, Manitoba		0	1
Helisoma trivolvis	Clear Lake, Manitoba		0	1
Lymnaea stagnalis jugularis	Clear Lake, Manitoba		6	1
Lymnaea stagnicola	Nairne Lake, Quebec		31.9	3
Physa sp.	Cultus Lake, British Columbia	*Trichobilharzia physellae*	3.6	2
	St. Lawrence near Quebec		0-5	4
	Lake Beauport, Quebec	Ocellate cercaria spp.	1.4	5
Physella gyrina	Lake Beauport, Quebec	Non-ocellate cercaria spp.*	2.8	5
	Clear Lake, Manitoba		0	1
	St. Lawrence near Quebec		20	4
Stagnicola spp.	St. Lawrence near Quebec		4-50	4
Stagnicola catascopium	Cultus Lake, British Columbia	*Trichobilharzia stagnicolae*	2.6	2
Stagnicola elodes	St. Lawrence near Quebec		12	4
Stagnicola elrodi	Flathead Lake, Montana	*Trichobilharzia ocellata*	2	5
Stagnicola emarginata canadensis	Clear Lake, Manitoba		8	1
	Two lakes in Michigan	*Trichobilharzia stagnicolae*	2.1	6
Stagnicola palustris	Clear Lake, Manitoba		0	1

Sources: 1. Swales 1936. 2. Leighton et al. 2000. 3. Giovenazzo 2002. 4. Giovenazzo et al. 1995. 5. Loken et al. 1995. 6. Keas and Blankespoor 1997.

* Not confirmed to cause dermatitis.

In *Lymnaea stagnalis*, daughter sporocysts of *Trichobilharzia ocellata* emerge from the mother sporocyst 3 to 4 weeks post-infection (de Jong-Brink et al. 1997) and cercarial shedding begins approximately 7 weeks post-infection at 20°C and 4 to 5 weeks post-infection at 25°C (Horak et al. 2002). Cercarial shedding in snails has been observed to last up to at least 123 days (Horak et al. 2002).

Moderate schistosome infections do not shorten snail life spans (Horak et al. 2002) and snails are occasionally self-cleared of infection (Minchella 1985). However, low prevalence

among snails has also been interpreted as evidence of virulence, in that infected snails tend to die (Zbikowska 2004).

Snail hosts show physical changes after infection by schistosomes. Such changes may represent a benefit to either the host or the parasite and a cost to its counterpart. For example, schistosome infections commonly result in snail castration, an obvious detriment to the intermediate host (Horak et al. 2002). Theoretically, castration profits the parasite by allowing more of the snail's resources to be used to sustain production of cercariae rather than snail eggs. By increasing prepatent egg production, some snails are apparently compensating for the reproductive loss (Minchella 1985). Another phenomenon commonly associated with schistosome infection in snails is gigantism. Gigantism may reflect the snail's reallocation of resources in the hope of outliving the parasite (Minchella 1985), particularly in species that are short-lived and have a single breeding season (Sousa 1983), or it may result from spatial requirements of the parasite (de Jong-Brink et al. 1997). However, recent work shows that gigantism is not linked to the prevalence of schistosome infection, suggesting instead that increased growth reflects the greater likelihood of older, bigger snails being infected (Graham 2003).

Schistosome infection may also alter the behaviour of snail hosts. There is evidence that infected snails aggregate more than uninfected snails (Boissier and Moné 2003), which could increase the likelihood of definitive hosts being infected by both sexes of schistosome. Infected snails show a stronger preference for lower temperatures, which prolongs the survival of both infected snails and emerging cercariae (Zbikowska 2004).

It appears that schistosomes can overwinter in infected snails. Because prevalence in snails peaks mid-summer, it has been suggested that snails acquire infections in spring from newly returning migratory birds (Giovenazzo et al. 1995). However, the mid-summer spike in prevalence more likely reflects a second schistosome generation following the infection of newly arrived and particularly newly hatched birds by cercariae released from infected snails that survived the winter (Hoeffler 1982; Normandeau 1988). Moreover, patency in snails is reported to be much longer lasting than in waterfowl (Guth et al. 1979; Horak et al. 2002) and the life histories of North American snails include an overwintering phase (Thorp and Covich 2001). In general, lymnaeids and physids hatch from eggs in spring and die after a single egg deposition episode the following spring (Thorp and Covich 2001; Giller and Malmqvist 1998).

As the source of infective cercariae that cause swimmer's itch, the distribution and habits of physid and lymnaeid snails are of interest. Generally, lymnaeids feed on periphyton and physids feed on detritus; both groups are usually found in the littoral zone (Thorp and Covich 2001). For example, *Lymnaea emarginata* feeds preferentially on periphyton and is therefore more common on cobble (where periphyton grows year-round) than on macrophytes, although it will feed on the periphyton on macrophytes when snail densities are high (Thorp and Covich 2001). Freshwater snails of all families move into deeper water in the fall (Thorp and Covich 2001).

4.5 THE CERCARIA

The distribution, abundance and longevity of schistosome cercariae are affected by biological and physico-chemical conditions. For example, cercarial survival is negatively influenced by increasing temperatures (Zbikowska 2004). In refrigerated conditions, *Trichobilharzia* cercariae have been reported to live for several days (Ginetsinskaya 1968) and other species survive up to 130 hours at 8°C (Zbikowska 2004). However, older cercariae are less able to penetrate hosts (Hoeffler 1982). In general, swimmer's itch-causing cercariae survive at most 1 to 1.5 days, with the majority dying in less than 24 hours if a compatible host is not located (Horak et al. 2002; Hoeffler 1982).

The emergence of cercariae from snails is generally associated with morning light. Although three cercariae species in *Stagnicola elodes* and *Physella gyrina alba* collected from the St. Lawrence River near Quebec City did not show diurnal emergence patterns during a 48-hour interval (Giovenazzo et al. 1995), this seems to be an exception. Morning cercarial emergence is indicated both by epidemiological studies of swimmer's itch in humans (Chamot et al. 1998; Lindblade 1998) and experimental work with snails (Blankespoor and Reimink 1991; Leighton et al. 2000). In the case of *Schistosomatium douthitti*, cercarial emergence is inhibited by light (Ginetsinskaya 1968), in keeping with the nocturnal habits of its murine hosts.

On emerging from the snail, *Trichobilharzia* cercariae swim away from the pull of gravity and unsuitable surfaces (e.g. rocks) toward the light, passing shadows and mechanical stimulation (Ginetsinskaya 1968; Smyth and Halton 1983; Horak et al. 2002). These behaviours lead cercariae toward the upper centimetres of the water column, where they intermittently swim and rest (Ginetsinskaya 1968; Roberts and Janovy 1996) and are subject to wind-driven currents.

Pockets of high cercarial density can form in littoral areas exposed to onshore winds (Leighton et al. 2000; Verbrugge et al. 2004).

The distribution of host organisms also affects the distribution of cercariae. In Cultus Lake, B.C., *Gigantobilharzia* occurred only in the snail *Gyraulus parvus*, which was confined to a single site where both Eurasian milfoil (*Myriophyllum spicatum*) and overhanging trees were present (Leighton et al. 2000). The trees provided perches for icterids, the definitive host of *Gigantobilharzia*, and milfoil provided habitat for *Gyraulus*. At other sites on this lake, *Trichobilharzia stagnicolae* and *T. physellae* were more prevalent in *Stagnicolae catascopium* and *Physa* spp., respectively, in sheltered areas with floating logs than in exposed areas with no logs. These differences in prevalence were attributed to the habits of the local definitive host for these two species, the common merganser. This bird feeds on fish in open water and was observed to return to roost on logs in sheltered areas in the littoral zone and defecate in the vicinity.

5 Screening

Methods exist for detecting schistosomes at several stages during the parasite's life cycle, some with more challenging technical requirements than others.

In order to identify fluke taxa, it is preferable to extract adult worms from the bird host; however, this is difficult and requires sacrificing the bird (Horak et al. 2002). It is more practical and humane to screen bird feces. Because birds may not be infected at the time of sampling and the feces of infected birds may not always contain eggs, samples should be obtained repeatedly and from many birds. This last requirement is rarely met in wild bird populations, but it is achievable with domestic ducks.

Screening for infections in ducks or other birds may be performed by collecting fresh stool samples from individual birds in a single Petri dish on moist filter paper (adapted from Reimink et al. 1995 and Guth et al. 1979). Samples are kept moist and stored in a cool area until they can be examined with a dissecting microscope, at which point fecal matter is diluted and allowed to settle for 1 to 2 hours. Dilution water should be taken from filtered offshore lake water (to avoid contamination), artificial pond water or some other non-chlorinated source. After settling, miracidia, if present, can be observed in the water with a dissecting microscope, but inexperienced observers may confuse them with ciliated protozoans. A compound microscope is necessary to distinguish between miracidia, which are multicellular and have ciliated plates and specialized internal organs, and ciliated protozoans, which are unicellular and completely covered with cilia.

The presence of fluke eggs or miracidia in feces does not prove that captive birds are infected with swimmer's itch-causing schistosomes; eggs may also be shed by other kinds of flukes in the birds. To verify swimmer's itch-causing capability, local snails should be infected with miracidia from fecal samples and the resulting cercariae used to challenge human volunteers.

To screen the intermediate host, snails are individually housed in clear plastic cups containing filtered lake water or artificial pond water and periodically monitored for cercarial shedding using a dissecting microscope. Snails that do not shed cercariae can be screened for sporocysts with a dissecting microscope by pressing the soft tissues of the snail between glass

plates. Again, some expertise is required to distinguish cercariae and sporocysts. In sampling natural snail populations, a power analysis using the variation in prevalence in Table 4 indicates that 120 snails should be collected and screened in order to estimate prevalence with 95% confidence and a precision of 1%.

Screening natural waters for the free-living stages of schistosomes is more technically demanding. Giovenazzo et al. (1995) attempted to measure cercarial abundance by sieving St. Lawrence River water using a variety of mesh sizes, but accumulation of debris and zooplankton prevented reliable results. Hybridization and polymerase chain reaction (PCR) assays have been successfully used to detect *Trichobilharzia ocellata* in water by targeting species-specific, non-coding DNA sequences (Kozak-Ci•szczyk and W•drychowicz 2003). The more powerful and specific of the two techniques, the PCR assay, allows the detection of a single cercaria in 0.5 g of plankton.

6 Control Measures

6.1 THE BIRD HOST

The anthelmintic drug Praziquantel appears to be promising for controlling schistosomes in waterfowl and reducing the incidence of swimmer's itch in humans. The drug arrests the constant regeneration of the tegument of the adult worm and thereby allows the bird's immune system to recognize and attack the pathogen (Roberts and Janovy 1996). Studies in Michigan, discussed below, indicate that appropriate single administrations of the drug can clear waterfowl of schistosomes, after which birds become resistant to reinfection. More importantly, this strategy can lead to a reduction in prevalence in intermediate host populations and diminish swimmer's itch incidence in humans.

Blankespoor and Reimink (1991) used Praziquantel to clear mallards of schistosomes in the lab and administered it to waterfowl resident at a lake during five consecutive summers. Ducks were treated monthly to prevent reinfection. Reports of swimmer's itch at the lake declined and schistosome prevalence in the snail *Stagnicola emarginata* decreased significantly (from a high of 2% to approximately 0.1%).

Reimink et al. (1995) showed it is unnecessary to administer Praziquantel repeatedly. After a single oral dose at 4 weeks of age, mallards had significantly fewer infections a year later than untreated birds. Moreover, the prevalence of naturally infected snails in lakes where Praziquantel was used to treat hatchlings was reduced from between 1–2% to 0.1–0.2% the year following treatment.

Blankespoor et al. (2001) found that single injections of Praziquantel in dosages of 200 mg/kg of body weight were far more effective in reducing fecal schistosome loads in common mergansers than oral dosages of less than 40 mg/kg, which had no discernible effect. (The manufacturer, Bayer, recommends 40 mg/kg.) The low efficacy of orally administered Praziquantel in mergansers was attributed to the shorter gastrointestinal tract of this piscivorous birds, which results in less time for digestion than occurs in herbivorous species.

Although Praziquantel is not inexpensive, as an swimmer's itch control method it was both more effective and less costly than the prevailing use of the molluscicide copper sulphate at

these Michigan sites. Moreover, it was not toxic to birds, even at 50 times the normal dose (Blankespoor and Reimink 1991).

Other methods of reducing swimmer's itch incidence that target definitive hosts have not been well studied. Attempts by residents at Lake Nairne, Quebec, to drive away waterfowl during the summer did not produce desired results: the following year cercarial prevalence in snails increased (Giovenazzo 2002). Leighton et al. (2000) suggest removing debris in the littoral zone at lakes where roosting waterfowl such as common mergansers are present, thereby reducing schistosome transmission to snails. Lakeside residents should avoid feeding waterfowl, as this may cause the birds to stay in the area and increase swimmer's itch infection rates (Blankespoor and Reimink 1988a).

6.2 THE SNAIL HOST

Control measures focusing on snail intermediate hosts can be used in a localized area such as a small beach. Although chemical means have been widely used to reduce snail populations, recent work suggests that mechanical disturbance of snail habitat is more effective and economical and poses less environmental risk.

Molluscicides available in North America include copper sulphate, copper carbonate, sodium pentochlorphenate and Baylucide® (niclosamide) (Hoeffler 1982). Copper sulphate, by far the most commonly employed molluscicide in North America, has been used since the 1930s to control swimmer's itch in many Michigan lakes (Blankespoor and Reimink 1991). The chemical has had mixed results, for which several explanations have been suggested.

- Snails reproduce and disperse quickly, making one-time local applications ineffective.
- Molluscicide is often applied to small localities with little scrutiny of local or adjacent snail populations. Reductions in local populations of snail species that do not harbour swimmer's itch-causing schistosomes can allow a site to be colonized by species susceptible to infection.
- Failure to account of local currents, wind conditions and water chemistry can result in unpredictable dispersion or precipitation of the chemical.
- Snails may become resistant to copper sulphate. *Lymnaea catascopium* and *Physa integra* from a lake that had previously been treated with copper sulphate were more resistant to lab exposures of the molluscicide than snails from a pristine lake (Blankespoor et al. 1985). Furthermore, larger snails from both lakes were more resistant than smaller snails. This is significant because older snails, which tend to be

larger, are more likely to be infected than younger, smaller individuals (Graham 2003).

The biggest drawback to copper sulphate and molluscicides in general may be toxicity to other forms of aquatic life (Madsen 1990; Blankespoor and Reimink 1991).

Several Canadian studies have examined mechanical snail control techniques as a means to combat swimmer's itch. A variety of mechanical methods were used over a three-year period at Lake Nairne, Quebec (Giovenazzo 2002; Giovenazzo 2003). During the summers of 2001–2003, *Lymnaea stagnicola* and planorbid snails were manually removed at some sites, scythes were used to cut emergent vegetation (mainly *Scirpus*) at others and no action was taken where low numbers of snails were observed. These efforts were evaluated by comparing snail densities and the prevalence of schistosome infections in snails at the different sites. Removal of vegetation and/or the associated habitat disturbance appear to have been more effective in culling snail populations than snail removal by hand, which did not affect snail populations consistently. However, it is difficult to assess the comparability of the densities over the 3-year span as presented in Giovenazzo (2002) and Giovenazzo (2003). Densities appear to be based on different numbers of samples per year, collected at different periods each year and by different methods. In 2001, snail densities were based on a single sampling effort using hand collection at an unspecified date; in 2002, on five sampling efforts beginning in June (some collected by hand, some with rakes); and in 2003, on a single sampling effort in May using an unspecified method. Prevalence of schistosome infections in snails was higher at most sites in 2002 than in 2001, but how changes in snail populations due to habitat disturbance would be expected to affect prevalence is unclear. Results regarding swimmer's itch incidence in humans are not presented.

At Cultus Lake, British Columbia, Leighton et al. (2000) studied the effects of weekly mechanical disturbance of cobble snail habitat during the breeding season at three pairs of sites (one treatment site, one control) that were initially similar in terms of snail egg mass densities. After disturbance using a boat-mounted rototiller and tractor-mounted rock rake, densities of *Stagnicola catascopium*, *Physa* spp. and *Gyraulus parvulus* were reduced by 96–99% compared to adjacent control sites, 5 to 20 days after the end of treatment. Local populations of these species were confirmed as the intermediate hosts of *Trichobilharzia stagnicolae*, *T. physellae* and *Gigantobilharzia* sp., which were shown to cause dermatitis in humans. Reductions in snail densities were attributed to the destruction of snail habitat during the breeding and early

development phase of the snails, which killed adult snails, destroyed the epilithic periphyton on which they feed and exposed eggs to predation. The authors note that copper sulphate had previously been used in Cultus Lake without appreciable effects. No results were presented concerning the effects of habitat disturbance on swimmer's itch incidence.

Lévesque et al. (2002) used a suction pump to destroy snail habitat inhabited by a well-defined population of *Physella gyrina*, which appeared to be the source of an outbreak of swimmer's itch in Lake Beauport near Quebec City in 1999. No swimmer's itch was reported the following summer.

The usefulness of localized control programs that target snails may be limited by wind and current conditions. Cercariae tend to be found near the surface of the water where they can be transported by wind-generated surface currents into other areas; theoretically, this may lead to concentrated pockets of cercariae along the shoreline. Prevailing winds over a lake could indicate the direction in which cercariae are likely to be carried and, as suggested by Leighton et al. (2000), buoys set afloat in areas of high snail density can be used to model cercarial drift.

Studies of the biological control of schistosomes have focused on the human parasite *Schistosoma* by targeting its intermediate host, *Biomphalaria*. The use of fish that feed on *Biomphalaria* has not proved widely applicable because fish switch prey when snail densities decrease without affecting parasite transmission rates (Madsen 1990). The introduction of snails that compete with *Biomphalaria* has had mixed results because potential competitors often end up coexisting with *Biomphalaria* (Madsen 1990). Another approach is the introduction of parasites that interact with schistosomes within the snail. One candidate group are the echinostome trematodes, which infect snails and develop into rediae. Unlike schistosome sporocysts, rediae possess a mouth and gut which they use to consume host tissue and other parasites, including schistosomes. In controlled conditions, Lie (1973) used echinostome egg dispersal to reduce prevalence of *Schistosoma* in snails, with the added benefit that host snail populations were considerably reduced. The same antagonistic interaction between parasites may be at work at a New Zealand lake, where Davis (1998) recorded that peak annual prevalence in snails of schistosomes coincided with the lowest annual prevalence of two species of echinostome. Similarly, echinostome prevalence peaked during the month when schistosomes were not found in any snails. Biological control strategies are complex and require considerable laboratory and site-specific research before implementation can be attempted.

Caution and restraint should be exercised before conducting a snail control program. COSEWIC (2004) has identified data deficiencies for two molluscs rarely encountered in Quebec, namely the snail *Physella parkeri latchfordi* and the freshwater limpet *Acroloxus coloradensis*. Destruction of aquatic plant communities should not be undertaken lightly, not least because it has not been shown to be effective. Before vegetation is removed, plant species should be surveyed to ensure no species at risk are present (e.g. *Carex lupuliformis* [endangered], *Justicia americana* [threatened], *Cicuta maculata* var. *victorinii* and *Gentianopsis procera* spp. *macounii* var. *victorinii* [threatened] [COSEWIC 2004]). Finally, although disturbance of snail habitat is probably less harmful to the aquatic ecosystem than the application of copper sulphate, it is not "benign", as stated by Leighton et al. (2000). Gastropods perform a crucial function in littoral food webs by converting periphyton into a form useable by other aquatic organisms (Giller and Malmqvist 1998).

6.3 OTHER CONTROL MEASURES

Swimmer's itch can be reliably prevented by avoiding bathing in water where the parasite occurs. However, this imposes unrealistic restrictions on recreational uses of lakes and natural waters.

Preventing swimmer's itch at the level of cercaria-skin interactions has received little attention. It is theoretically possible to prevent infection if the skin is dried off before cercarial penetration takes place, and vigorous and immediate towel-drying after swimming is sometimes recommended for this reason (e.g. Blankespoor 1980; Normandeau 1988). Similarly, some local authorities recommend showering immediately after swimming (de Gentile et al. 1996). The usefulness of these practices, however, has not been demonstrated (Hoeffler 1982; de Gentile et al. 1996) and is suspect, since cercaria can presumably penetrate the skin during the comparatively long period during which the bather remains in water prior to towelling off or showering.

The use of N,N-diethyl-*m*-toluamide (DEET) as a topical prophylaxis against cercarial penetration is more promising. Salafsky et al. (1998) showed that a concentration of 7.5% DEET, which is found in the insect repellent Off®, immobilized *Schistosoma* cercariae within 5 minutes. However, because of its rapid absorption by the skin, the prophylaxis of DEET is short-lived, ranging from 30 minutes to 6 hours for insects and even shorter durations for cercariae. Salafsky et al. (1999) succeeded in prolonging the anti-cercarial action of DEET in mice by preparing

lipid-based compounds of the chemical. Single applications of 10% DEET in three compounds significantly and greatly reduced the number of *Schistosoma* worms that became established in the lungs when mice were challenged with cercariae up to 24 hours after application. By contrast, DEET alone significantly reduced worm establishment in the lungs 4 hours after application, but it had no effect after 24 hours. The most effective compound was 10% DEET in liposome, or "Lipodeet," which conferred 100% protection against cercarial penetration even 48 hours post-application. Lipodeet (10% and 20% DEET formulations) also conferred up to 90% protection if mice were allowed to swim in warm water for 1 hour after application. DEET alone was only slightly effective after a 5-minute swim and its effects were absent after a 1-hour swim. Although DEET-related toxicity is infrequent in topical applications, Salafsky et al. (1999) examined DEET uptake through the skin of Lipodeet versus DEET alone, and found that the liposome matrix significantly reduced the amount of DEET found in mouse urine and blood after application.

To achieve lake-wide reductions in avian schistosome populations, a multipronged approach involving snail habitat disturbance and/or treating birds with anthelmintics is advisable. Both strategies require manpower and the notification of provincial authorities. In addition to biological and veterinary expertise, specialized equipment is also necessary (e.g. dissecting microscopes, Praziquantel, drive-traps, and the ability to identify bird, snail and trematode taxa and to trap and administer drugs to birds). Snail control may be somewhat less technically demanding as it does not involve trapping birds or anthelmintics.

Prevention remains a viable strategy. In the absence of commercially available lipid-based DEET compounds, trials with insect repellents could be conducted with the assistance of a dermatologist or physician and a biologist. Public awareness of risk factors is a safe way to reduce the impact (and, it is hoped, the incidence) of swimmer's itch, particularly if coupled with knowledge of endemic areas in a lake.

References

Be'er, S.A. and S.M. German. 1993. Ecological prerequisites of worsening of the cercariosis situation in cities of Russia (Moscow region as an example). *Parazitologiya* 27: 441–449.

Blankespoor, H.D. 1980. Answers to 25 of the most frequently asked questions about swimmer's itch. *The Michigan Riparian* May: 8–23.

Blankespoor, H.D., S.C. Cameron, and J. Cairns Jr. 1985. Resistance of pulmonate snail populations to repeated treatments of copper sulfate. *Environmental Management* 9: 455–458.

Blankespoor, H.D. and R.L. Reimink. 1988. Swimmer's itch: A preventive approach. *Lake Line* September: 4–5.

Blankespoor, H.D. and R.L. Reimink. 1988a. The control of swimmer's itch in Michigan: Past, present, and future. *Michigan Riparian* May: 10–19.

Blankespoor, H.D. and R.L. Reimink. 1991. The control of swimmer's itch in Michigan: Past, present, and future. *Michigan Academician* 24: 7–23.

Blankespoor, C.L., R.L. Reimink, and H.D. Blankespoor. 2001. Efficacy of Praziquantel in treating natural schistosome infections in common mergansers. *Journal of Parasitology* 87: 424–426.

Boissier, E.R. and H. Moné. 2003 Altered behaviour of the snail *Biomphalaria glabrata* as a result of infection with *Schistosoma mansoni*. *Journal of Parasitology* 89: 429–434.

Chamot, E., L. Toscani, and A. Rougemont. 1998. Public health importance and risk factors for cercarial dermatitis associated with swimming in Lake Leman at Geneva, Switzerland. *Epidemiology and Infection* 120: 305–314.

Cort, W.W. 1928. Schistosome dermatitis in the United States (Michigan). *Journal of the American Medical Association* 90: 1027–1029.

COSEWIC – Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. 2004. *Canadian Species at Risk*. Canadian Wildlife Service, Environment Canada.

Davis, N.E. 1998. Population dynamics of and larval trematode interactions with *Lymnaea tomentosa* and the potential for biological control of schistosome dermatitis in Bremner Bay, Lake Wanaka, New Zealand. *Journal of Helminthology* 72: 319–24.

de Gentile, L., H. Picot, P. Bourdeau, R. Bardet, A. Kerjan, M. Piriou, A. Le Guennic, C. Bayssade-Dufour, D. Chabasse, and K.E. Mott. 1996. Cercarial dermatitis in Europe: A new public health problem? *Bulletin of the World Health Organization* 74: 159–63.

de Jong-Brink, M., R.M. Hoek, W. Lageweg, and A.B. Smit. 1997. Schistosome parasites induce physiological changes in their snail hosts by interfering with two regulatory systems, the internal defense system and the neuroendocrine system. *Parasites and Pathogens: Effects on Host Hormones and Behaviour* (N.E. Beckage, ed.). Chapman & Hall. New York.

Giller, P. and B. Malmqvist. 1998. *The Biology of Streams and Rivers*. Oxford University Press. Oxford.

Ginetsinskaya, T.A. 1968. *Trematodes, Their Life Cycles, Biology and Evolution*. Academy of Sciences of the USSR. Amerind Publishing Co., New Delhi.

Giovenazzo, P. 2002. *Contrôle de la dermatite du baigneur*. Étude réalisée pour l'Association pour la Protection de l'Environnement du Lac Nairne.

Giovenazzo, P. 2003. Deux ans d'intervention : Lutte à la dermatite du baigneur. Association pour la protection de l'environnement du lac Nairne inc. *L'écho du Lac* 3: 3

Giovenazzo, P., B. Lévesque, E. Dewailly, and A. Duval. 1995. *Digeneae cercaria emergence from the aquatic snails of the St-Lawrence River in Québec City, Canada*. Direction régionale de la santé publique de Québec.

Graham, A. 2003. Effects of snail size and age on the prevalence and intensity of avian schistosome infection: Relating laboratory to field studies. *Journal of Parasitology* 89: 458–464.

Guth, B.D., H.D. Blankespoor, R.L. Reimink, and W.C. Johnson. 1979. Prevalence of dermatitis-producing schistosomes in natural bird populations of lower Michigan. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 46: 58–63.

Hjørngaard Larsen, A., J. Bresciani, and K. Buchmann. 2004. Increasing frequency of cercarial dermatitis at higher latitudes. *Acta Parasitologica* 49: 217–221.

Hoeffler, D.F. 1974. Cercarial dermatitis: Its etiology, epidemiology, and clinical aspects. *Archives of Environmental Health* 29: 225–229.

Hoeffler, D.F. 1982. Cercarial dermatitis. *Parasitic Zoonoses*. CRC Handbook Series in Zoonoses. Boca Raton, Fla.

Horak, P. and L. Kolarova. 2001. Bird schistosomes: Do they die in mammalian skin? *Trends in Parasitology* 17: 66–69.

Horak, P., L. Kolarova, and C.M. Adema. 2002. Biology of the schistosome genus *Trichobilharzia*. *Advances in Parasitology* 52: 155–233.

ISQ – Institut de la Statistique du Québec. 2004. *Si la tendance se maintient... Perspectives démographiques, Québec et régions, 2001–2051.* Available at <www.stat.gouv.qc.ca/publications/demograp/pdf/tendance2001_2051.pdf>.

Jarchow, S. and A. Van Burkalow. 1952. A geographical study of "swimmer's itch" in the United States and Canada. *Geographical Reviews* 42: 212–226.

Keas, E.K. and H.D. Blankespoor. 1997. The prevalence of cercariae from *Stagnicola emarginata* (Lymnaeidae) over 50 years in Northern Michigan. *Journal of Parasitology* 83: 536–540.

Kock, S. and W. Böckeler. 1998. Observations on cercarial chaetotaxy as a means for the identification of European species of *Trichobilharzia* Skrjabin & Zakharow, 1920 (Digenea: Schistosomatidae). *Systematic Parasitology* 43: 159–66.

Kock, S. 2001. Investigations of intermediate host specificity help to elucidate the taxonomic status of *Trichobilharzia ocellata* (Digenea: Schistosomatidae). *Parasitology* 123: 67–70.

Kozak-Ci•szczyk, M. and H. W•drychowicz. 2003. The application of molecular techniques in environmental monitoring of helminth parasites. *Acta Parasitologica* 48: 73–82.

Leighton B.J., S. Zervos, and J.M. Webster. 2000. Ecological factors in schistosome transmission, and an environmentally benign method for controlling snails in a recreational lake with a record of schistosome dermatitis. *Parasitology International* 49: 9–17.

Lévesque, B., E. Dewailly, and N. Boulianne, 1990. Étude descriptive de la dermatite cercarienne au Québec. *Canadian Journal of Public Health* 81: 329–330.

Lévesque, B., P. Giovenazzo, P. Guerrier, D. Laverdière, and H. Prud'homme. 2002. Investigation of an outbreak of cercarial dermatitis. *Epidemiology and Infection* 129: 379–386.

Lie, K.J. 1973. Larval trematode antagonism: Principles and possible application as a control method. *Experimental Parasitology* 33: 343–349.

Lindblade, K.A. 1998. The epidemiology of cercarial dermatitis and its association with limnological characteristics of a northern Michigan lake. *Journal of Parasitology* 84: 19–23.

Loken, B.R., C.R. Spencer and W.O. Granath Jr. 1995. Prevalence and transmission of cercariae causing schistosome dermatitis in Flathead Lake, Montana. *Journal of Parasitology* 81: 646–649.

Madsen, J. 1990. Biological methods for the control of freshwater snails. *Parasitology Today* 6: 237–241.

Marcogliese, D.J. 2001. Implications of climate change for parasitism of animals in the aquatic environment. *Canadian Journal of Zoology* 79: 1331–1352.

McDonald, M.E. 1969. *Catalogue of Helminths of Waterfowl (Anatidae)*. Report No. 126. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife.

Minchella, D.J. 1985. Host life-history variation in response to parasitism. *Parasitology* 90: 205–216.

Normandeau, J. 1988. *Dermatite des nageurs*. Département de Santé Communautaire – Hôtel-Dieu de Saint-Jérôme.

Penner, L.R. 1941. The possibilities of systemic infection with dermatitis-producing schistosomes. *Science* 93: 327–328.

Pietrock, M. and D.J. Marcogliese. 2003. Free-living endohelminth stages: At the mercy of environmental conditions. *Trends in Parasitology* 19: 293–299.

Reimink, L.R., J.A. DeGoede, and H.D. Blankespoor. 1995. Efficacy of Praziquantel in natural populations of mallards infected with avian schistosomes. *Journal of Parasitology* 81: 1027–1029.

Ridenour, N. 2003. Prevention key to managing swimmer's itch. *Nurse Practitioner* 28: 54–5.

Roberts, L.S. and J. Janovy Jr. 1996. *Gerald D. Schmidt & Larry S. Roberts' Foundations of Parasitology*. 5th Edition. Wm. C. Brown, McGraw-Hill. Toronto.

Salafsky, B., K. Ramaswamy, Y. He, G.L. Anderson, and D.K. Nowicki. 1998. Evaluation of N,N-diethyl-m-toluamide (DEET) as a topical agent for preventing skin penetration by cercariae of *Schistosoma mansoni*. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 58: 828–834.

Salafsky, B., K. Ramaswamy, Y. He, J. Li, and T. Shibuya. 1999. Development and evaluation of lipodeet, a new long-acting formulation of N,N-diethyl-m-toluamide (DEET) for the prevention of schistosomiasis. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 61: 743–750.

Sousa, W.P. 1983. Host life history and the effect of parasitic castration on growth: a field study of *Cerithidea californica* Haldeman (Gastropoda: Prosobranchia) and its trematode parasites. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 73: 273–296.

Smyth, J.D. and D.W. Halton. 1983. *The Physiology of the Trematodes*. 2nd Edition. Cambridge University Press. Cambridge.

Swales W.E. 1936. Schistosome dermatitis in Canada. Note on two causative agents and their snail hosts in Manitoba. *Canadian Journal of Research* 14: 6–10.

Thorp, J.H. and A.P. Covich. 2001. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates.* 2nd Edition. Academic Press. New York.

Verbrugge, L.M, J.J. Rainey, R.L. Reimink, and H.D. Blankespoor. 2004. Prospective study of swimmer's itch incidence and severity. *Journal of Parasitology* 90: 697–704.

Zbikowska, E. 2004. Infection of snails with bird schistosomes and the threat of swimmer's itch in selected Polish lakes. *Parasitology Research* 92: 30–35.

Canada

CENTRE
SAINT-LAURENT
ST. LAWRENCE
CENTRE

RAPPORT SOMMAIRE SUR LA DERMATITE DU BAIGNEUR AU QUÉBEC

Rapport ST-234

Canada

Saint-Laurent
Vision 2000

Québec

RAPPORT SOMMAIRE SUR LA DERMATITE DU BAIGNEUR AU QUÉBEC

Rapport ST-234

Rapport sommaire sur la dermatite du baigneur au Québec

Sean Locke et David J. Marcogliese
Recherche sur les écosystèmes fluviaux

Centre Saint-Laurent
Conservation de l'environnement
Environnement Canada

Mars 2005

COMMENTAIRES DES LECTEURS

Veuillez adresser vos commentaires sur le contenu du présent rapport au Centre Saint-Laurent, Conservation de l'environnement, Environnement Canada – Région du Québec, 105, rue McGill, 7e étage, Montréal (Québec), H2Y 2E7.

On devra citer la publication comme suit :
Locke, S. et D.J. Marcogliese (2005). *Rapport sommaire sur la dermatite du baigneur au Québec*. Environnement Canada - Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport scientifique et technique ST-234, 44 pages.

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada 2005
N° de catalogue En 152-1/234-2005F
ISBN 0-662-74883-2

Perspective de gestion

La dermatite du baigneur, appelée également dermatite schistosomiale, est une réaction cutanée immunitaire de brève durée de personnes infectées accidentellement par des parasites aquatiques d'escargots, d'oiseaux ou de rongeurs. La dermatite du baigneur, décrite pour la première fois en 1928, est maintenant fréquemment rapportée dans le bassin Grands Lacs–Saint-Laurent. Bien qu'elle ne soit pas supposée présenter un risque sérieux pour la santé, une flambée de cas peut limiter les activités récréatives et avoir un impact sur les économies locales des régions de lacs. Des cas ont été rapportés dans tout le sud du Québec où il est prévu que la population humaine augmentera dans les décennies à venir. Accompagnée de perturbations des habitats dues au développement et aux changements climatiques, cette tendance démographique augmentera le nombre de personnes en contact avec les parasites qui causent la dermatite du baigneur et accroîtra par conséquent le nombre de cas dans la population humaine du bassin Grands Lacs–Saint-Laurent. Ce rapport décrit brièvement la biologie des parasites qui causent la dermatite du baigneur et passe en revue les mesures de contrôle étudiées jusqu'à maintenant. Ce document a été produit dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent, une initiative Canada-Québec qui vise à comprendre, à protéger et à restaurer l'écosystème du Saint-Laurent.

Management Perspective

Swimmer's itch is a short-term immune reaction occurring in the skin of people accidentally infected by waterborne parasites of snails and birds or rodents. Reports of swimmer's itch in the Great Lakes–St. Lawrence Basin have become more frequent since the condition was first described in 1928. Although not suspected to pose a serious health risk, outbreaks can limit recreational activities and affect local economies in lake districts. Cases have been reported throughout southern Quebec, where human populations are expected to increase in coming decades. Together with habitat changes predicted to occur with development and climate change, this demographic trend is likely to bring more people into contact with the parasites that cause swimmer's itch and thereby increase incidence in humans in the St. Lawrence watershed. This report provides a biological summary of the parasites that cause swimmer's itch and reviews control measures studied to date. Its publication was made possible by the St. Lawrence Action Plan, a Canada–Quebec initiative aimed at understanding, protecting and restoring the St. Lawrence ecosystem.

Remerciements

Les auteurs désirent remercier Michèle Létienne-Prévost, Sophie Lalonde et Patricia Potvin pour le grand professionnalisme de leurs services d'édition. La production de ce rapport a été rendue possible par un financement du Plan d'action Saint-Laurent Vision 2000, phase IV.

Résumé

La dermatite du baigneur est une réaction cutanée immunitaire à court terme causée par des schistosomes qui parasitent les escargots et les oiseaux aquatiques. Cette réaction survient lorsque des personnes sont accidentellement infectées par le stade libre du parasite, la cercaire, qui émerge de l'escargot, à la recherche de son prochain hôte, un oiseau. La cercaire ne peut compléter son cycle de vie chez l'être humain parce qu'elle meurt dans sa peau, causant des papules prurigineuses pouvant durer jusqu'à dix jours. Les symptômes sont plus graves lorsqu'il s'agit d'une réinfection et peuvent causer jusqu'à de l'insomnie. Bien que cette infection ne soit pas connue pour présenter un risque important pour la santé publique au Canada, des flambées de cas ont entraîné ailleurs la fermeture de lacs et affecté les économies locales dans les régions de lacs récréatifs. Étant donné les changements démographiques et climatiques prévus dans le sud du Québec, les cas d'infection vont probablement augmenter dans cette province. Le contrôle de la dermatite du baigneur dépend d'une compréhension profonde de la biologie des schistosomes aviaires. Il est possible de réduire le risque de cas graves en sensibilisant la population aux facteurs de risques, comme la durée de l'exposition à l'eau d'un lac, les conditions ensoleillées, les faibles profondeurs, les vents du large, l'exposition matinale, l'exposition au début et au milieu de l'été, ainsi qu'une dermatite schistosomiale antérieure et une exposition précédente à des eaux connues pour être infestées périodiquement. Il est difficile de dépister des cercaires dans les eaux naturelles, mais les infections chez les escargots et les oiseaux sont détectables avec le bon équipement et de l'expertise. Les molluscicides utilisés dans le passé pour éliminer les populations infectées d'escargots ont eu des résultats discutables. Le dérangement mécanique des habitats de l'escargot, employé avec succès au Québec, semble plus efficace et présenter moins de risques pour l'environnement. Une autre technique prometteuse est l'emploi de l'anthelminthique Praziquantel pour traiter les oisillons aquatiques dans les lacs infestés. Sont également prometteurs des travaux expérimentaux sur le N,N-diéthyl-3-méthylbenzamide (DEET) pour une prophylaxie topique contre la pénétration des cercaires. Actuellement, la lutte contre la dermatite du baigneur exige une approche à multiples paliers où est conjuguée la sensibilisation du public aux facteurs de risques avec, si possible, le dérangement mécanique des habitats de l'escargot et/ou le traitement des oiseaux avec des anthelminthiques. Ces dernières stratégies nécessitent une expertise biologique et vétérinaire, de l'équipement spécialisé, de la main-d'oeuvre et la notification des autorités provinciales.

Abstract

Swimmer's itch is a short-term immune reaction caused by schistosomes which parasitize aquatic snails and birds. The condition occurs after people are accidentally infected by a free-living transmission stage of the parasite, the cercaria, which emerges from the snail in search of the next host but is unable to complete its life cycle in humans. The cercaria dies in human skin, causing itchy papules lasting up to ten days. Symptoms are more severe on reinfection and can cause insomnia. Although not known to pose significant risk to public health in Canada, elsewhere outbreaks have resulted in lake closures and affected local economies in recreational lake districts. Given projected demographic and climatic changes in southern Quebec, incidence is likely to increase in this province. Control of swimmer's itch depends on a thorough understanding of the biology of avian schistosomes. The risk of severe cases may be reduced through public awareness of risk factors such as duration of exposure to lake water, sunny conditions, shallow depths, onshore winds, morning exposure, early to mid-summer exposure, prior history of swimmer's itch and exposure to waters known to be periodically infested. It is difficult to screen for cercariae in natural waters, but infections in snails and birds are detectable with the right equipment and expertise. Molluscicides used in past to extirpate infested snail populations have had mixed results. Mechanical disturbance of snail habitat, which has been used successfully in Quebec, appears to be more effective and to pose less environmental risk. Another promising technique is using the antehelmintic drug praziquantel to treat hatchling waterfowl resident at infested lakes. Experimental work on N,N-diethyl-*m*-toluamide (DEET) as a topical prophylaxis against cercarial penetration is also cause for hope. Currently, reducing swimmer's itch requires a multipronged approach involving public awareness of risk factors and, potentially, snail habitat disturbance and/or treating birds with anthelmintics. The latter strategies require biological and veterinary expertise, specialized equipment, manpower and the notification of provincial authorities.

Table des matières

RÉSUMÉ		V
ABSTRACT		VI
LISTE DES TABLEAUX		VIII
DÉFINITIONS		IX
LISTE D'ABRÉVIATIONS		XI
1	**INTRODUCTION**	1
2	**ÉTIOLOGIE**	2
3	**ÉPIDÉMIOLOGIE**	3
4	**LE CYCLE DE VIE DU SCHISTOSOME**	6
4.1	L'oiseau hôte	11
4.2	L'oeuf	13
4.3	Le miracidium	14
4.4	L'escargot hôte	14
4.5	La cercaire	17
5	**DÉPISTAGE**	19
6	**MESURES DE CONTRÔLE**	21
6.1	L'oiseau hôte	21
6.2	L'escargot hôte	22
6.3	Autres mesures de contrôle	26
RÉFÉRENCES		28

Liste des tableaux

1 Cycle de vie du schistosome 6

2 Schistosomes associés à la dermatite du baigneur en Amérique du Nord 7

3 Prévalence des infections schistosomiales chez les oiseaux en Amérique du Nord 13

4 Prévalence des infections schistosomiales chez les escargots en Amérique du Nord 15

Définitions

Abondance. – Nombre de parasites divisé par le nombre d'hôtes, incluant les hôtes non infectés.

Anatidés. – Famille d'oiseaux qui comprend les canards, les oies et les cygnes.

Cercaire. – Stade de développement aquatique libre d'un Trématode qui émerge de son hôte intermédiaire, l'escargot, et qui infecte son hôte vertébré définitif.

Cycle de vie. – Pour un parasite, tous ses stades de développement, incluant ceux où on le trouve dans un hôte intermédiaire et un hôte définitif.

Douve. – Ver plat parasite appartenant à la classe des Trématodes.

Gigantisme. – Développement d'un organisme jusqu'à une taille anormalement grande.

Hôte définitif. – Hôte où a lieu la reproduction sexuée d'un parasite.

Hôte intermédiaire. – Hôte où le parasite se développe, mais ne se reproduit pas de façon sexuée.

Ictéridés. – Famille d'oiseaux qui comprend les orioles, les carouges, les quiscales, les cassiques et les vachers.

Incidence. – Nombre d'hôtes nouvellement infectés par une espèce de parasite par unité de temps.

Intensité. – Nombre de parasites divisé par le nombre d'hôtes infectés.

Lumière. – Cavité interne d'un organe.

Miracidium. – Stade cilié aquatique libre d'un Trématode qui émerge d'un oeuf expulsé par l'hôte définitif et qui infecte l'hôte intermédiaire.

Muridés. – Famille de petits rongeurs incluant les souris et les rats.

Naïf. – Se dit d'un organisme qui n'a jamais été exposé à un parasite.

Période de patence. – Période d'infection durant laquelle un parasite produit des oeufs ou des larves.

Période de prépatence. – Période d'infection précédant l'évacuation des oeufs ou des larves par un parasite.

Périphyton. – Algue unicellulaire qui vit fixée à la surface d'un substrat immergé.

Piège à guideaux. – Piège de type corral, inoffensif, utilisé pour la capture d'oiseaux aquatiques afin de les baguer.

Plathelminthes. – Embranchement (vers plats), auquel appartient la classe des Trématodes.

Prévalence. – Proportion d'hôtes infectés par un ou plusieurs représentants d'une espèce parasitaire, exprimée souvent en pourcentage.

Schistosome. – Ver plat parasite appartenant à la famille des Schistosomidés dans la classe des Trématodes.

Schistosomiase. – Maladie parasitaire de l'être humain due à des Trématodes du genre *Schistosoma*.

Schistosomule. – Stade parasitaire, sexuellement immature, des schistosomes, qui se produit dans l'hôte définitif, un vertébré.

Sporocyste. – Stade parasitaire des Trématodes dans l'hôte intermédiaire, un mollusque, qui génère des larves de façon asexuée.

Tégument. – Membrane extérieure d'un Plathelminthe.

Test de provocation. – Exposition d'un hôte à un parasite à l'état infectieux.

Trématodes. – Classe de l'embranchement des Plathelminthes.

Virulence (ou pouvoir pathogène). – Pouvoir d'un parasite de provoquer des troubles dans un organisme.

Liste d'abréviations

A.I.	Après infection.
d	*Dies* (jour).

1 Introduction

La dermatite du baigneur, ou dermatite schistosomiale, est une brève réaction immunitaire cutanée non contagieuse engendrée chez les personnes infectées par des schistosomes, des parasites aquatiques. Les schistosomes appartiennent à la famille des Schistosomidés, dans la classe des Trématodes, dans l'embranchement des Plathelminthes (vers plats). Le stade de développement du schistosome qui pénètre la peau humaine est la cercaire. Le nom de « dermatite schistosomiale » prend sa source dans le nom du parasite responsable de l'infection, et celui de « dermatite du baigneur » provient de la façon dont l'infection est contractée.

Les schistosomes qui causent la dermatite du baigneur ont des stades parasitaires dans un escargot et dans un vertébré – habituellement un oiseau – et ne peuvent compléter leur cycle vital chez l'être humain. Les baigneurs attrapent cette infection lorsqu'ils nagent dans les parties peu profondes des lacs où vivent des escargots infectés.

Bien qu'elle ne représente pas un problème important d'hygiène publique, la dermatite du baigneur peut nuire aux activités récréatives dans les régions de lacs comme il y en a dans tout le sud du Québec. Les personnes qui ont souffert de graves infections réduisent par la suite leur utilisation récréative des lacs infestés (Verbrugge *et al.*, 2004). Des poussées endémiques généralisées ou publicisées (Chamot *et al.*, 1998) sont considérées comme ayant des impacts économiques dans les régions où les activités aquatiques sont importantes; en effet, de telles éclosions de cas ont mené à interdire l'accès de certains lacs au public (de Gentile *et al.*, 1996).

2 Étiologie

On estime que de 30 % à 40 % des baigneurs exposés aux schistosomes aviaires ont présenté des symptômes (Blankespoor, 1980), qui consistent en premier lieu en l'apparition de rougeurs cutanées accompagnées de faibles démangeaisons. Ces rougeurs se transforment en papules soulevées plus grosses en moins d'une heure ou après plus de 15 heures après l'infection (A.I.) et peuvent durer jusqu'à 10 jours (Lévesque *et al.*, 1990; Zbikowska, 2004). Les papules sont associées à de fortes démangeaisons qui peuvent causer de l'insomnie (Blankespoor et Reimink, 1988a) et, dans certains rares cas, peuvent engendrer des infections secondaires avec des symptômes systémiques (Lévesque *et al.*, 1990; Ridenour, 2003). Chaque papule correspond au site de pénétration d'un seul schistosome. Les personnes qui rapportent une sensation de picotements ou de piqûres sur la peau après exposition développeront le plus souvent des symptômes (Chamot *et al.*, 1998), qui continueront en général pendant trois à quatre jours (Blankespoor et Reimink, 1988b).

Lorsqu'un être humain est infecté par des cercaires pour la première fois, le système immunitaire réagit de deux façons : une réaction spécifique lente qui vise le tégument détaché par la cercaire après pénétration et les protéines qu'elle a utilisées pour pénétrer la peau (Hoeffler, 1982); et une faible réaction inflammatoire non spécifique au site de pénétration (Horak et Kolarova, 2001). La réaction spécifique permet au système immunitaire de se souvenir et de reconnaître l'envahisseur dans l'éventualité d'infections subséquentes. Lorsqu'il y a réinfection, le système immunitaire stimulé déclenche une réaction inflammatoire non spécifique plus rapide et plus forte, ce qui résulte en une réaction excessive – un phénomène connu sous le nom d'hypersensibilité immunitaire, qui ressemble à une réaction allergique (Hoeffler, 1982; de Gentile *et al.*, 1996; Ridenour, 2003). La première infection sera probablement asymptomatique, alors que des symptômes indiquent normalement qu'une personne a déjà été infectée par des cercaires de schistosomes.

3 Épidémiologie

La dermatite du baigneur a été rapportée la première fois en 1928 à un lac du Michigan (Cort, 1928). En Amérique du Nord, on croit que ce phénomène se produit plus souvent dans des régions possédant des lacs glaciaires, en particulier dans le bassin Grands Lacs–Saint-Laurent (Jarchow et Van Burkalow, 1952; Blankespoor, 1980). Les lacs glaciaires du continent et leurs bassins fournissent d'excellentes aires de reproduction pour la sauvagine, et les Lymnées (escargots) sont plus diversifiées dans ces habitats que dans les régions qui n'étaient pas englacées durant le Pléistocène (Jarchow et Van Burkalow, 1952); de plus, le bassin Grands Lacs–Saint-Laurent est situé sur la voie migratoire du Mississipi de la sauvagine.

En 1988, 74 cas de dermatite du baigneur, attribuables à 28 plans d'eau, ont été rapportés dans les cinq régions du Québec étudiées, c'est-à-dire Rimouski, Rouyn-Noranda, lac Saint-François, Portneuf et Hull (Lévesque *et al.*, 1990). La dermatite du baigneur a également été rapportée au lac Nairne (Giovenazzo, 2002), à deux plages de la ville de Québec (Giovenazzo *et al.*, 1995), au lac Beauport (Lévesque *et al.*, 2002) et au lac Aylmer (R. Chatelain, communication personnelle, 2003).

À l'échelle planétaire, les rapports de dermatite du baigneur sont de plus en plus fréquents, et certains croient que le nombre de cas augmente (de Gentile *et al.*, 1996; Kock and Böckeler, 1998; Giovenazzo, 2002; Hjørngaard Larsen *et al.*, 2004), malgré que l'on puisse attribuer cela à une plus grande sensibilisation à l'infection et à l'importance d'en rapporter l'incidence (Blankespoor et Reimink, 1988b). Le peu de données que l'on possède sur des changements dans les populations de schistosomes aviaires et chez les escargots n'appuie pas la thèse d'une augmentation du nombre de parasites comme cause d'une incidence accrue. Keas et Blankespoor (1997) ont observé depuis les 50 dernières années une diminution du nombre et de la diversité des schistosomes infectant les oiseaux dans un lac du Michigan, alors que Zbikowska (2004) n'a rapporté aucun changement dans la prévalence des Trématodes dans les populations naturelles d'escargots observées sur une période de 20 ans. Toutefois, la relation entre la prévalence des schistosomes chez les escargots et le nombre de cas de dermatite du baigneur n'est pas claire. Une prévalence faible ou en déclin chez les escargots peut coïncider avec une augmentation de cas chez l'être humain si, par exemple, de plus en plus de personnes se baignent

dans des eaux infestées. Cela peut s'avérer être le cas dans les régions lacustres du sud du Québec (Estrie, Laurentides, Lanaudière, Montérégie, Outaouais) où la population est supposée augmenter de 10 % à 30 % entre 2001 et 2026 (ISQ, 2004).

Divers facteurs de risque proposés pour la dermatite du baigneur – des conditions ensoleillées, des températures chaudes, des faibles profondeurs, des vents du large, une abondance d'algues et la baignade le matin durant les mois du début à la mi-été – sont fréquemment associés à une augmentation de cas de dermatite du baigneur, surtout si des périodes de temps frais et nuageux les ont précédés (Blankespoor, 1980; Giovenazzo *et al.*, 1995; Chamot *et al.*, 1998; Lindblade, 1998; Normandeau, 1988; Horak *et al.*, 2002; Verbrugge *et al.*, 2004). D'autres chercheurs suggèrent que les facteurs de risque incluent l'âge du baigneur et des antécédents de dermatite (Lindblade, 1998; Chamot *et al.*, 1998). Cependant, le risque plus élevé pour les enfants provient de leur propension à se baigner plus longtemps en eau peu profonde; sinon, si l'on en tient compte, l'âge et le sexe n'ont aucun effet sur l'incidence, alors que la durée de la baignade en a un (Verbrugge *et al.*, 2004). L'effet du temps chaud sur l'incidence peut avoir plusieurs causes dont une augmentation de la fréquence des baignades (Verbrugge *et al.*, 2004) et, à cause des températures plus chaudes, une modification du comportement des cercaires (Chamot *et al.*, 1998), un développement plus rapide des schistosomes dans les escargots hôtes (Lindblade, 1998) et un plus grand taux d'expulsion de cercaires (Verbrugge *et al.*, 2004).

À l'échelle d'un lac, le nombre de cas de dermatite du baigneur est parfois associé à des foyers d'infection endémique (Lindblade, 1998; Leighton *et al.*, 2000), malgré que l'incidence puisse être étendue (Chamot *et al.*, 1998). On croit que les cercaires qui nagent librement dans l'eau s'accumulent près de la surface de l'eau où elles sont soumises aux courants dus au vent (Leighton *et al.*, 2000; Blankespoor, 1980; Verbrugge *et al.*, 2004). En théorie, cela devrait produire des zones endémiques et de plus grandes concentrations près de la rive, mais cela pourrait aussi causer une dérive des cercaires, résultant en zones d'endémies sporadiques qui se déplacent (Leighton *et al.*, 2000).

Les modifications anthropiques des habitats peuvent également affecter le taux de dermatites du baigneur chez l'être humain. La construction de murs de soutènement et l'enrochement pour consolider les berges peuvent constituer des habitats favorables à la ponte des oeufs pour des espèces d'escargots infectées par les schistosomes (Blankespoor et Reimink, 1988b). Trois poussées endémiques de dermatites du baigneur en France ont été attribuées à

l'eutrophisation de plans d'eau récréatifs ainsi qu'à un été chaud et ensoleillé. Ces conditions ont favorisé l'augmentation de la population et l'expansion de l'habitat de l'escargot *Lymnaea ovata*, la sédentarité de colonies de canards et un plus grand nombre de baignades (de Gentile *et al.*, 1996). De la même façon, un plus grand risque de dermatite du baigneur à Moscou a été attribué à une augmentation de la population d'escargots due à une eutrophisation de plans d'eau municipaux causée par des rejets urbains, ainsi qu'à la colonisation des plans d'eau par des Canards colverts échappés de fermes locales (Be'er et German, 1993). Les changements climatiques à long terme peuvent également avoir un impact sur le taux de dermatites du baigneur. De Gentile *et al.* (1996) ont remarqué que les trois épisodes de dermatites du baigneur en France ont été précédés par plusieurs hivers doux et pluvieux et étés chauds. Dans le sud du Québec, l'augmentation des températures estivales prévue pour les 50 prochaines années pourrait allonger la saison de croissance des escargots hôtes et prolonger la résidence des oiseaux migrateurs hôtes, augmentant ainsi la transmission du parasite (Marcogliese, 2001) et le nombre de dermatites chez les humains. Certaines modifications des habitats pourraient réduire l'incidence de la maladie. Des essais ont démontré que des contaminants rejetés couramment dans les écosystèmes aquatiques – surtout les métaux lourds, mais aussi les herbicides, les pesticides et les molluscicides – pouvaient avoir un impact sur la survie ou l'infectiosité des cercaires appartenant au genre *Schistosoma* dont l'être humain est l'hôte final (Pietrock et Marcogliese, 2003).

4 Le cycle de vie du schistosome

Le tableau 1 résume le cycle de vie du schistosome.

Tableau 1
Cycle de vie du schistosome

Schistosome Stade de développement	Habitat ou hôte		Reproduction
Oeuf • Miracidium •	Libre dans l'eau		
Sporocyste primaire ••• Sporocyste secondaire •••	Escargot aquatique	Intermédiaire	Asexuée
Cercaire •	Libre dans l'eau		
Schistosomule • Schistosome adulte •••	Vertébré (oiseau, mammifère, poisson, reptile)	Définitif	Sexuée
Oeuf	Entrée dans l'eau par les fèces		

• Changement de stade de développement.
••• Reproduction.

Le cycle de vie du schistosome inclut des phases parasitaires chez deux hôtes, un escargot et un vertébré, et deux stades libres de transmission. La reproduction asexuée se produit chez un escargot aquatique (l'hôte intermédiaire), et la reproduction sexuée se produit chez le vertébré (l'hôte définitif). De chaque hôte, un stade de courte vie, qui ne se nourrit pas, émerge et nage à la recherche du prochain hôte dans le cycle. Le tableau 2 contient une liste de certaines espèces nord-américaines de schistosomes et de leurs hôtes.

Tableau 2
Schistosomes associés à la dermatite du baigneur en Amérique du Nord

Genre et espèce de Schistosome	Hôte intermédiaire		Hôte définitif		
	Espèce	Développement	Espèce	Développement	Autre
Trichobilharzia					
• *adamsi*	*Physa c.f. coniformis*[1]		Infection expérimentale d'*Anas platyrhynchos* et de *A. domesticus*[1]	Maturité dans le foie de l'hôte définitif > 42 d A.I.[1]	Hôte définitif naturel inconnu[1]
• *alaskensis*	*Lymnaea stagnalis*[1]		Infection d'*Anas platyrhynchos*[1] à deux reprises en laboratoire	Maturité dans les veines intestinales 10-17 d A.I.[1]	Hôte définitif naturel inconnu[1]
• *brantae*			Rapporté une fois chez le canard sauvage[1]	Maturité dans les veines mésentériques et rénales[1]	
• *burnetti*			Rapporté une fois chez *Aythya collaris*[1]	Maturité dans la veine cloacale[1]	
• *cameroni*	*Physa gyrina*[1]	Cercaires 28-35 d après pénétration des miracidiums[1]	Infection expérimentale d'*Anas platyrhynchos*, *Columbia livia* et *Serinus canarius*[1]	Maturité dans les veines de la paroi de l'intestin grêle[1]	
• *elvae*	*Lymnaea palustris*, *L. stagnalis*[1]		Infection expérimentale d'*Anas platyrhynchos* et *Serinus canarius*[1]	Maturité dans les veines de l'intestin 13 d A.I.[1]	*T. elvae*, la première espèce décrite dans la dermatite du baigneur[2], pourrait être équivalente à *T. ocellata*[1]
• *horiconensis*			Rapporté une fois chez *Aythya americana*[1]	Maturité dans la veine cloacale[1]	
• *kegonsensis*			Rapporté une fois chez *Aythya vallisneria*[1]	Maturité dans la veine cloacale[1]	
• *ocellata*	*Lymnaea japonica*, *L. limosa*, *L. ovata*, *L. palustris*, *L. peregra* et *L. stagnalis*[1]; n'infecte pas *Physa gyrina*[3], *Radix ovata* ou *R. auricularia*; infecte *L. stagnalis* et *Stagnicola palustris*[4]	Cercaires émergentes 7 semaines A.I. à 20 °C et 4-5 semaines A.I. à 25 °C; patence durant > 123 d[5]	*Anas platyrhynchos* (sauvages et domestiques), *A. acuta*, *A. clypeata*, *A. crecca*, *A. discors*, *A. falcata*, *A. formosa*, *A. penelope*, *A. poecilorhyncha*, *A. querquedula*, *A. rubripes* (essai), *A. strepera*, *Aythya fuligula*, *Netta rufina*, *Sterna hirundo*[1]	Jeunes vers dans les poumons 2-9 d A.I.; maturité 8-21 d A.I.; oeufs dans la paroi intestinale 9-56 d A.I., dans les fèces 13-40 d A.I.; patence continue à 146 d A.I.[1, 6]	*T. ocellata* est probablement synonyme d'autres espèces et comprend probablement des espèces distinctes[4]
• *oregonensis*	*Physa ampullacea*[1]	Cercaires émergentes 23 d A.I.[1]	Infections expérimentales avec des élevages d'*Anser anser* et d'*Anas platyrhynchos*[1]	Maturité dans les veines portes, les veines de l'intestin et les parois coecales[1]	

Genre et espèce de Schistosome	Hôte intermédiaire		Hôte définitif		
	Espèce	Développement	Espèce	Développement	Autre
• *physellae*	*Lymnaea japonica*, *Physa gyrina*, *P. parkeri*, *Physella magnalacustris*, *P. pripinqua*[1]; n'infecte pas *Stagnicola catascopium*[7]	Cercaires émergentes 34 d A.I.[1]	*Mergus merganser*[7]; *Anas platyrhynchos* (sauvages et domestiques), *A. acuta*, *A. clypeata*, *A. crecca*, *A. discors*, *A. falcata*, *A. formosa*, *A. penelope*, *A. poecilorhyncha*, infections expérimentales de *Columbia livia* domestiques et de *Serinus canarius* sauvages[1]	Maturité dans les veines pores et intestinales; mâles dans les veines mésentériques, femelles dans veinules sous la membrane séreuse et la submuqueuse intestinale[1]	
• *stagnicolae*	*Lymnaea emarginata*[1], *Stagnicola emarginata*[8], *S. catascopium*; n'infecte pas *Physa* spp.[7]		Infections expérimentales de *Serinus canarius*[1]; infections naturelles d'*Aix sponsa*, *Merganser merganser*, *Branta canadensis*, *Anas platyrhynchos*, *Quiscalus quiscula*[8]	Maturité dans les petites veines de l'intestin moins de 6 semaines A.I.[1]	
• *waubesensis*			Rapporté une fois chez *Anas americana*, *A. collaris*[1]	Maturité dans les veines intestinales et cloacales[1]	
Schistosomatium					
• *douthitti*	*Lymnaea emarginata*, *L. stagnalis* et *L. palustris*[1]	Expulsion nocturne de cercaires[10] et débute 6–8 semaines A.I.[9]	Arvicolinés : campagnols, rats musqués[11]		
Gigantobilharzia					
• *huronensis*	*Gyraulus parvulus*[7]; *Physa gyrina*, *P. integra*, *P. parkeri* et possiblement *Lymnaea palustris*[9]		Surtout des Ictéridés : *Quiscalus quiscula*, *Agelaius phoeniceus*[7, 12], Fringillidés (cardinaux et moineaux), Sturnidés (étourneaux) et Motacillidés (bergeronnettes)[9]	Patence 35-45 d A.I.[12]	Appelé habituellement *Gigantobilharzia* sp.; *G. huronensis* est la seule espèce rapportée souvent[9]
Australobilharzia					
• *canadensis*			Rapporté une fois chez *Aythya valisneria*[1]	Maturité dans la veine porte hépatique[1]	
• *chapini*			Rapporté une fois chez *Aythya affinis* et *Mergus serrator*[1]	Maturité dans les veines mésentériques[1]	
• *manitobensis*			Rapporté une fois chez *Aythya valisneria*[1]	Maturité dans la veine porte hépatique[1]	

Genre et espèce de Schistosome	Hôte intermédiaire		Hôte définitif		
	Espèce	Développement	Espèce	Développement	Autre
• *variglandis*	*Littorina pintado*, essai chez *Littorina scabra* et *Nassarius obsoletus*[1]		Essai chez des *Anas platyrhynchos*, *Columbia livia* et *Serinus canarius* domestiques, ainsi que chez *Gallus gallus*, *Anous stolidus*, *Larus argentatus*, *Sterna fuscata* et *Arenaria interpres*[1]	Veines mésentériques et (rarement) veines hépatiques[1]	

Sources : 1. McDonald, 1969. 2. Cort, 1928. 3. Loken *et al.*, 1995. 4. Kock, 2001. 5. Horak *et al.*, 2002. 6. Smyth et Halton, 1983. 7. Leighton *et al.*, 2000. 8. Blankespoor et Reimink, 1991. 9. Hoeffler, 1982. 10. Ginetsinskaya, 1968. 11. Keas et Blankespoor, 1997. 12. Guth *et al.*, 1979.

A.I. : Après infection.

Les adultes des espèces de schistosomes dont l'être humain n'est pas l'hôte définitif vivent et se reproduisent chez les vertébrés, la plupart du temps dans le canal biliaire d'oiseaux aquatiques. À la différence des autres familles de douves, qui sont hermaphrodites, les schistosomes ont des sexes séparés, et les deux doivent être présents dans l'hôte définitif pour que le parasite puisse compléter son cycle de vie. Les schistosomes adultes libèrent leurs oeufs qui sont évacués du corps de l'hôte dans ses fèces.

L'oeuf éclôt dans l'eau, libérant un minuscule stade libre, le miracidium, qui est soit mâle, soit femelle. Le miracidium nage à la recherche de l'hôte intermédiaire, un escargot. Le miracidium ne peut infecter n'importe quel escargot, mais est limité à une seule espèce ou à un petit nombre d'espèces étroitement parentes, souvent les Lymnéidés (Smith et Halton, 1983; Horak *et al.*, 2002).

Si la localisation et la pénétration d'un escargot sont réussies, le miracidium se développe en un sporocyste primaire dans la région de la tête et du pied. Le sporocyste primaire produit continuellement des sporocystes secondaires (sacs remplis d'embryons) qui migrent jusqu'à l'hépatopancréas de l'escargot ou jusqu'à ses organes de reproduction. La reproduction asexuée par les sporocystes secondaires produit un grand nombre d'un autre type de stade de courte vie, libre et qui ne se nourrit pas, la cercaire. Les cercaires sont identiques génétiquement

et sexuellement à leur parent, le miracidium, et ont un corps allongé qui se termine par une queue fourchue qu'elles utilisent pour nager à la recherche de l'hôte définitif.

Lorsque la cercaire trouve un hôte compatible, elle utilise des ventouses pour ramper à la surface de l'hôte à la recherche d'une ouverture, comme un pli ou un follicule, et rejette sa queue au moment de pénétrer. Une fois entré, le parasite rejette son tégument cercarial et prend la forme d'un schistosomule. Le schistosomule pénètre dans le système circulatoire, commence à se nourrir et migre vers les poumons puis vers le système vasculaire près de ou dans l'intestin. Là, le ver atteint sa maturité et s'accouple avec un autre schistosome, après quoi la femelle libère ses oeufs pour recommencer le cycle.

Les hôtes définitifs de la plupart des espèces de schistosomes qui causent la dermatite du baigneur sont les oiseaux, en particulier la sauvagine. Le genre le plus souvent impliqué dans la dermatite, *Trichobilharzia*, est le plus diversifié et le plus étudié des schistosomes aviaires. Ce groupe est habituellement trouvé chez les Anatidés (canards, oies et cygnes), bien qu'on puisse l'observer également chez les grèbes, les hérons, les pigeons et les Ictéridés (oiseaux percheurs : carouges, quiscales et orioles) d'Amérique du Nord (Horak *et al.*, 2002). *Gigantobilharzia*, qui cause aussi la dermatite du baigneur, semble surtout infecter les Ictéridés (Guth *et al.*, 1979; Leighton *et al.*, 2000). Un autre genre de Schistosomidés qui n'a pas l'être humain comme hôte définitif, *Schistosomatium*, infecte les campagnols et le Rat musqué (Keas et Blankespoor, 1997). Sur le plan médical, le genre le plus important de cette famille, *Schistosoma*, parasite l'être humain, affectant plus de 200 millions de personnes dans les régions tropicales et subtropicales (Horak *et al.*, 2002). L'attrait des cercaires pour les humains a été attribué à la similitude de la composition lipidique de la peau des oiseaux et des êtres humains (Horak *et al.*, 2002).

Les humains sont des hôtes accidentels pour les schistosomes aviaires qui ne peuvent compléter leur cycle de vie chez un mammifère. Les schistosomes aviaires meurent habituellement dans la peau des mammifères qui ont déjà été infectés (Horak et Kolarova, 2001). Des biopsies de la peau humaine ont révélé que la pénétration des schistosomes ne dépasse pas une profondeur de 1 mm (Hoeffler, 1982) et que le schistosomule de *Trichobilharzia* semble intact de trois à neuf heures après pénétration, mais montre une dégradation de son tégument 24 heures après pénétration (Horak *et al.*, 2002). Toutefois, chez des mammifères infectés pour la première fois, les schistosomes aviaires atteignaient le foie, les reins, le coeur et les poumons de

souris, de hamsters, de cochons d'Inde et de lapins ainsi que les poumons de singes Rhésus (Penner, 1941; Hoeffler, 1974). Des schistosomules du *Trichobilharzia regenti* d'Europe (qui libère des oeufs dans les larmes des oiseaux) ont été trouvés dans les tissus nerveux de mammifères (Horak *et al.*, 2002).

Durant les stades parasitaires du cycle de vie du schistosome, sa reproduction est importante. Un oiseau infecté par une paire de vers adultes activement reproductifs peut libérer une grande quantité d'oeufs de schistosome. De la même façon, un escargot infecté par un seul miracidium peut libérer un grand nombre de cercaires (par exemple, jusqu'à 1500 cercaires de *Trichobilharzia ocellata* émergent quotidiennement de *Stagnicola elrodi*) (Graham, 2003). Ainsi, la faible prévalence apparente observée chez les escargots (< 5 %) peut être associée à un grand nombre de cas chez les humains, et une plus forte prévalence chez les escargots n'entraînera pas nécessairement une forte augmentation d'infections chez l'être humain (Zbikowska, 2004).

4.1 L'OISEAU HÔTE

Les schistosomes aviaires ont un taux élevé de mortalité à diverses étapes de leur migration à travers les tissus de leur hôte définitif. La plupart des cercaires ne pourront traverser la barrière cutanée des oiseaux, et de nombreux schistosomules ne pourront traverser les poumons pour se rendre aux intestins (Horak *et al.*, 2002). Les schistosomules qui atteignent les poumons y résident de 4 à 16 jours après pénétration (Horak *et al.*, 2002). Ceux qui réussissent à continuer dans le système vasculaire intestinal et à s'accoupler produisent des oeufs aussi rapidement que neuf jours après leur pénétration dans l'hôte (McDonald, 1969; Smyth et Halton, 1983). Au Québec, on a rapporté des périodes de patence de 10 jours (Giovenazzo *et al.*, 1995), alors qu'au Michigan on a observé des périodes de trois à quatre semaines (Blankespoor et Reimink, 1991).

La longévité de *Trichobilharzia* dans l'hôte définitif est en général très brève (Guth *et al.*, 1979; Horak *et al.*, 2002). Chez la sauvagine, les vers matures meurent peu après avoir déposé leurs oeufs, bien qu'on ait trouvé des *Trichobilharzia* matures vivants un an après leur pénétration de l'hôte (Horak *et al.*, 2002), et des infections expérimentales de canaris (*Serinus canarius*) avec *Gigantobilharzia* ont duré plus d'un an (Guth *et al.*, 1979).

Le Grand Harle (*Mergus merganser*), le Canard colvert (*Anas platyrhynchos*) et le Canard branchu (*Aix sponsa*) semblent être des hôtes importants pour les schistosomes qui causent la dermatite du baigneur (Guth *et al.*, 1979; Blankespoor et Reimink, 1991; Loken *et al.*, 1995; Leighton *et al.*, 2000). Parmi 14 espèces d'oiseaux d'un lac du Michigan, la plus forte prévalence était observée chez le Canard branchu, le Grand Harle, le Canard colvert, la Bernache du Canada (*Branta canadensis*) et le Quiscale bronzé (*Quiscalus quiscula*) (Blankespoor et Reimink, 1991) (tableau 3).

Les jeunes de sauvagine sont plus susceptibles d'être infectés par les schistosomes que les adultes, mais cela ne semble pas le cas pour les Passériformes. Une étude sur 43 espèces d'oiseaux, effectuée à plusieurs sites au Michigan, a révélé que les infections étaient moins courantes (12 %) chez les Anatidés adultes que chez les oisillons (46 %), mais étaient uniformes (• 15 %) chez les adultes et les oisillons de Carouges à épaulettes et de Quiscales bronzés (Guth *et al.*, 1979). Dans un lac du Michigan où la dermatite du baigneur a fréquemment été rapportée, la plupart des Grands Harles infectés (89 %) étaient des oisillons (Blankespoor et Reimink, 1991). La prévalence parmi les Grands Harles au lac Cultus (Colombie-Britannique) a augmenté avec la progression des saisons, avec peu d'adultes infectés au printemps, les infections chez les jeunes débutant au début de l'été, et tous les individus étant infectés au début de septembre (Leighton *et al.*, 2000). Une plus forte prévalence chez les oisillons des Anatidés (Guth *et al.*, 1979) suggère que la sauvagine meurt ou est guérie de son infection lorsqu'elle vieillit ou que les oiseaux plus vieux sont plus résistants à l'infection (Reimink *et al.*, 1995).

Les schistosomes ont été observés également chez les canards domestiques, mais ces études rapportent habituellement des infections induites expérimentalement (McDonald, 1969). Pour que les canards captifs soient infectés par des schistosomes, ils doivent être exposés à de l'eau où vivent des escargots hôtes appropriés.

Les infections graves de schistosomes sont nocives pour les canards et peuvent causer l'enflure des pieds et des pattes, l'émaciation, une perte de poids, une croissance freinée et la mort (Horak *et al.*, 2002).

Tableau 3
Prévalence des infections schistosomiales chez les oiseaux en Amérique du Nord

Nom latin	Nom français	Nombre examiné		Prévalence (%)		Sources
		Oisillons	Adultes	Oisillons	Adultes	
Aix sponsa	Canard branchu	13	6	31	33	1
		2		100		2
Anas discors	Sarcelle à ailes bleues			60		1
Anas platyrhynchos	Canard colvert	63	5	63	40	1
		17		24		2
Agelaius phoeniceus	Carouge à épaulettes	7	63	14	14	1
Branta canadensis	Bernache du Canada	45		9		2
		137	87	39	8	1
Cyanocitta cristata	Geai bleu	26	37	0	3	1
Dumetella carolinensis	Moqueur chat	0	28		4	1
Melospiza melodia	Bruant chanteur	716	528	16,6	9,5	1
Mergus merganser	Grand Harle	100 < n < 120		82-98		3
		87		83,9		4
Molothrus ater	Vacher à tête brune	25	7	0	0	1
Parus atricapillus	Mésange à tête noire	12	8	0	0	1
Parus bicolor	Mésange bicolore	6	14	0	7	1
Passer domesticus	Moineau domestique	140	39	0	0	1
Quiscalus quiscula	Quiscale bronzé	228	129	7	19	1
		29		7		2
Turdus migratorius	Merle d'Amérique	18	36	0	0	1

Sources : 1. Guth *et al.*, 1979. 2. Blankespoor et Reimink, 1991. 3. Leighton *et al.*, 2000. 4. Loken *et al.*, 1995.

4.2 L'OEUF

Les oeufs libérés par les schistosomes adultes sont en forme de fuseau et passent à travers la paroi intestinale vers la lumière de l'intestin et hors du corps de l'hôte par les fèces. Les oeufs qui ne réussissent pas à atteindre la cavité intestinale et aboutissent dans d'autres organes comme le foie sont responsables de la plupart des maladies associées aux schistosomes aviaires. Une fois expulsés dans les fèces et immergés dans l'eau, les oeufs éclosent en quelques minutes en réponse à la pression osmotique (Horak *et al.*, 2002).

4.3 LE MIRACIDIUM

Après avoir émergé de l'oeuf, le miracidium libre nage à l'aide de cils à la recherche d'un hôte intermédiaire, un escargot. Le miracidium peut détecter chimiquement les escargots et distinguer les hôtes intermédiaires potentiels des autres espèces (Smyth et Halton, 1983; Kock, 2001; Horak *et al.*, 2002). Ce stade ne se nourrit pas et doit localiser et infecter un escargot rapidement; sa durée maximale de vie dépasse rarement 24 heures (Hoeffler, 1982; Horak *et al.*, 2002) et tend à être plus brève si le miracidium provient d'oeufs plus vieux (Roberts et Janovy, 1996). Le miracidium survit mieux à des températures plus froides (par exemple, 34 heures de plus à 4 °C qu'à 18 °C pour *Schistosomatium douthitti*) (Ginetsinskaya, 1968).

4.4 L'ESCARGOT HÔTE

Les schistosomes aviaires utilisent habituellement des Limnées et des Physidés comme hôtes intermédiaires. Au Canada, *Lymnaea catascopium*, *Stagnicola emarginata*, *Stagnicola elodes*, *Stagnicola palustris*, *Physella gyrina* et *Physa* spp. ont été impliqués dans la transmission de la dermatite du baigneur (Swales, 1936; Normandeau, 1988; Giovenazzo *et al.*, 1995; Leighton *et al.*, 2000). En Amérique du Nord, la prévalence de schistosomes rapportée chez les Limnées et les Physidés dépasse rarement 5 % (tableau 4); plusieurs études à long terme en Europe rapportent une prévalence de *Trichobilharzia* de près de 1 % chez ces escargots (Hjørngaard Larsen *et al.*, 2004).

Chez *Lymnaea stagnalis*, les sporocystes secondaires de *Trichobilharzia ocellata* émergent du sporocyste primaire trois à quatre semaines après pénétration (de Jong-Brink *et al.*, 1997), et la libération de cercaires commence environ sept semaines après pénétration à 20 °C, et après quatre à cinq semaines à 25 °C (Horak *et al.*, 2002). Il a été observé que la libération de cercaires chez les escargots pouvait durer jusqu'à 123 jours (Horak *et al.*, 2002).

Les infections modérées de schistosomes ne raccourcissent pas la durée de vie des escargots (Horak *et al.*, 2002), et ces derniers sont à l'occasion débarrassés de l'infection (Minchella, 1985). Cependant, une faible prévalence chez les escargots a également été interprétée comme une preuve de la virulence, les escargots infectés tendant à en mourir (Zbikowska, 2004).

Tableau 4
Prévalence des infections schistosomiales chez les escargots en Amérique du Nord

Escargot	Localité	Schistosome	Prévalence (%)	Sources
Aplexa hypnorum tryoni	Lac Clear (Man.)		0	1
Gyraulus parvus	Lac Cultus (C.-B.)	*Gigantobilharzia* sp.	–	2
Helisoma spp.	Lac Clear (Man.)		0	1
Helisoma trivolvis	Lac Clear (Man.)		0	1
Lymnaea stagnalis jugularis	Lac Clear (Man.)		6	1
Lymnaea stagnicola	Lac Nairne (Qc)		31,9	3
	Lac Cultus (C.-B.)	*Trichobilharzia physellae*	3,6	2
Physa sp	Fl. Saint-Laurent près de Québec		0-5	4
	Lac Beauport (Qc)	Espèces de cercaires ocellés	1,4	5
Physella gyrina	Lac Beauport (Qc)	Espèces de cercaires non ocellés*	2,8	5
	Lac Clear (Man.)		0	1
	Saint-Laurent près Québec		20	4
Stagnicola spp.	Saint-Laurent près Québec		4-50	4
Stagnicola catascopium	Lac Cultus (C.-B.)	*Trichobilharzia stagnicolae*	2,6	2
Stagnicola elodes	Saint-Laurent près Québec		12	4
Stagnicola elrodi	Lac Flathead (Montana)	*Trichobilharzia ocellata*	2	5
Stagnicola emarginata canadensis	Lac Clear (Man.)		8	1
	Deux lacs du Michigan	*Trichobilharzia stagnicolae*	2,1	6
Stagnicola palustris	Lac Clear (Man.)		0	1

Sources : 1. Swales, 1936. 2. Leighton *et al.*, 2000. 3. Giovenazzo, 2002. 4. Giovenazzo *et al.*, 1995. 5. Loken *et al.*, 1995. 6. Keas et Blankespoor, 1997.

* Il n'a pas été confirmé que ces espèces causaient la dermatite du baigneur.

Les escargots hôtes montrent des changements physiques après une infection à schistosomes. De tels changements représentent un bénéfice soit pour l'hôte ou le parasite et un coût pour sa contrepartie. Par exemple, les infections par les schistosomes résultent habituellement en la castration de l'escargot, un désavantage évident pour l'hôte intermédiaire (Horak *et al.*, 2002). En théorie, la castration profite au parasite en détournant les ressources de l'escargot au profit de la production de cercaires plutôt qu'à celle d'oeufs d'escargots. En augmentant leur production d'oeufs durant la période de prépatence, certains escargots semblent compenser pour la perte reproductrice (Minchella, 1985). Un autre phénomène souvent associé à

l'infection des escargots par les schistosomes est le gigantisme. Le gigantisme peut refléter la réallocation des ressources de l'escargot pour survivre au parasite (Minchella, 1985), surtout chez les espèces qui ont plus de ressources, mais une vie brève et une seule saison de reproduction (Sousa, 1983), ou encore des besoins d'espace du parasite (de Jong-Brink *et al.*, 1997). Toutefois, des travaux récents montrant que le gigantisme n'est pas lié à la prévalence d'infections par les schistosomes suggèrent que ces derniers n'induisent pas une plus grande croissance, mais que le phénomène reflète plutôt la plus grande probabilité que de plus vieux et plus gros escargots soient infectés (Graham, 2003).

L'infection schistosomiale peut également modifier le comportement des escargots hôtes. Il existe des preuves que les escargots infectés se regroupent plus que les escargots sains (Boissier et Moné, 2003), ce qui peut augmenter la probabilité que les hôtes définitifs soient infectés par des schistosomes des deux sexes. Les escargots infectés montrent une préférence marquée pour les températures plus fraîches, ce qui prolonge la survie à la fois des escargots infectés et des cercaires qui émergent (Zbikowska, 2004).

Il semble que les schistosomes peuvent hiverner dans des escargots infectés. Parce que la prévalence est la plus forte au milieu de l'été, il a été suggéré que les escargots sont infectés au printemps par l'entremise des oiseaux migrateurs qui viennent d'arriver (Giovenazzo *et al.*, 1995). Cependant, le pic de prévalence du milieu de l'été reflète plus probablement une seconde génération de schistosomes qui suit l'infection des nouveaux arrivés et, surtout, celle des oisillons par des cercaires libérées par des escargots infectés qui ont survécu à l'hiver (Hoeffler, 1982; Normandeau, 1988). De plus, la période de patence chez les escargots est supposée beaucoup plus longue que chez les oiseaux aquatiques (Guth *et al.*, 1979; Horak *et al.*, 2002), et le cycle vital des escargots d'Amérique du Nord comprend une phase d'hibernation (Thorp et Covich, 2001). En général, les oeufs de Limnées et de Physidés éclosent au printemps, et les escargots adultes meurent après un seul épisode de ponte le printemps suivant (Thorp et Covich, 2001; Giller et Malmqvist, 1998).

Étant donné qu'ils sont la source de cercaires infectantes qui causent la dermatite du baigneur, la distribution et le comportement des Limnées et des Physidés sont intéressants à connaître. En général, les Limnées se nourrissent de périphyton, et les Physidés, de détritus; les deux groupes sont habituellement trouvés dans la zone riveraine (Thorp et Covich, 2001). Par exemple, *Lymnaea emarginata* se nourrit de préférence de périphyton et se tient par conséquent

plus sur des galets (où le périphyton croît à l'année longue) que dans les macrophytes, bien qu'elle se nourrisse également de périphyton sur les macrophytes lorsque les densités d'escargots sont élevées (Thorp et Covich, 2001). Les escargots d'eau douce de toutes les familles se déplacent dans des eaux plus profondes à l'automne (Thorp et Covich, 2001).

4.5 LA CERCAIRE

La distribution, l'abondance et la longévité des cercaires de schistosomes sont influencées par les conditions biologiques et physico-chimiques du milieu. Par exemple, la survie des cercaires est influencée négativement par l'augmentation des températures (Zbikowska, 2004). On a observé que les cercaires de *Trichobilharzia* pouvaient vivre plusieurs jours dans un réfrigérateur (Gintsinskaya, 1968), et d'autres espèces survivent jusqu'à 130 heures à 8 °C (Zbikowska, 2004). Toutefois, les cercaires plus vieilles sont moins capables de pénétrer dans leurs hôtes (Hoeffler, 1982). En général, les cercaires causant la dermatite schistosomiale survivent au plus 1 à 1,5 jour, la majorité mourant en moins de 24 heures si un hôte compatible n'est pas trouvé (Horak *et al.*, 2002; Hoeffler, 1982).

L'émergence des cercaires des escargots hôtes est associée en général à la lumière matinale. Bien que trois espèces de cercaires chez *Stagnicola elodes* et *Physella gyrina alba* prélevées dans le Saint-Laurent près de Québec n'aient pas montré de patron d'émergence matinale durant un intervalle de 48 heures (Giovenazzo *et al.*, 1995), cela semble constituer une exception. L'émergence matinale des cercaires est rapportée à la fois par des études épidémiologiques de la dermatite du baigneur chez l'humain (Chamot *et al.*, 1998; Lindblade, 1998) et par des travaux expérimentaux sur des escargots (Blankespoor et Reimink, 1991; Leighton *et al.*, 2000). Dans le cas de *Schistosomatium douthitti*, l'émergence des cercaires est inhibée par la lumière (Ginetsinskaya, 1968), afin de suivre les habitudes nocturnes des souris hôtes.

En émergeant de l'escargot, les cercaires de *Trichobilharzia* s'éloignent de l'attraction de la gravité et des surfaces inadéquates (comme les roches) et se dirigent en direction de la lumière, évitant les ombres et la stimulation mécanique (Ginetsinskaya, 1968; Smith et Halton, 1983; Horak *et al.*, 2002). Ce comportement entraîne les cercaires vers les premiers centimètres en surface de la colonne d'eau où elles alternent entre nage et repos (Ginetsinskaya, 1968; Roberts et Janovy, 1996) et sont soumises aux courants de dérive. Des zones de forte densité de

cercaires peuvent se former dans des zones riveraines exposées aux vents du large (Leighton *et al.*, 2000; Verbrugge *et al.*, 2004).

La distribution des organismes hôtes influence la distribution des cercaires. Au lac Cultus, en Colombie-Britannique, *Gigantobilharzia* se retrouvait uniquement chez l'escargot *Gyraulus parvus*, qui était restreint à un seul site où le Myriophylle à épi (*Myriophyllum spicatum*) et des arbres en surplomb étaient présents (Leighton *et al.*, 2000). Les arbres servaient de perchoir aux Ictéridés, hôtes définitifs de *Gigantobilharzia*, et le myriophylle fournissait l'habitat à *Gyraulus*. À d'autres sites sur le lac, *Trichobilharzia stagnicolae* et *T. physellae* étaient plus prévalents chez *Stagnicolae catascopium* et *Physa* spp., respectivement, dans des zones abritées, avec des billes de bois flottantes, que dans des zones exposées sans bille. Ces différences de prévalence ont été attribuées au comportement de l'hôte définitif local pour ces deux espèces, le Grand Harle. Cet oiseau se nourrit de poissons en eau libre, et on l'a observé retourner se reposer sur des billes de bois, dans des zones abrités de la rive et déféquer à proximité.

5 Dépistage

Il existe des méthodes pour dépister les schistosomes à différents stades de leur cycle de vie, certaines plus difficiles techniquement que d'autres.

Pour identifier les espèces de douves, il est préférable d'extraire les vers adultes de l'oiseau hôte. Cependant, cette opération est difficile et nécessite de tuer l'oiseau (Horak *et al.*, 2002). Il est plus pratique et moins cruel d'examiner les fèces de l'oiseau. Parce que les oiseaux peuvent ne pas être infectés au moment de l'échantillonnage et que les fèces des oiseaux infectés ne contiennent pas toujours des oeufs, des échantillons devraient être prélevés à maintes reprises et d'un grand nombre d'oiseaux. Cette dernière condition est rarement remplie dans le cas des populations de sauvagine, mais cela est faisable avec des canards d'élevage.

Le dépistage d'infections chez les canards et d'autres oiseaux peut être fait en prélevant des échantillons de fèces de chaque oiseau dans une seule boîte de Pétri sur un papier filtre humide (méthode adaptée de Reimink *et al.*, 1995 et de Guth *et al.*, 1979). Les échantillons sont conservés humides et entreposés dans un endroit frais jusqu'à ce qu'ils puissent être examinés au microscope à dissection; préalablement à l'examen, les matières fécales ont été diluées et ont eu le temps de décanter pendant une à deux heures. L'eau de dilution devrait être de l'eau du lac filtrée (pour éviter la contamination), de l'eau osmotique ou une autre eau non chlorée. Après décantation, les miracidiums, si présents, peuvent être observés dans l'eau au microscope à dissection, mais les observateurs inexpérimentés pourraient les confondre avec des protozoaires ciliés. Un microscope composé est nécessaire pour distinguer les miracidiums, qui sont multicellulaires et possèdent des lamelles ciliées et des organes internes spécialisés, des protozoaires ciliés, qui sont unicellulaires et entièrement ciliés.

La présence d'oeufs de douves ou de miracidiums dans les fèces ne prouve pas que les oiseaux captifs soient infectés par des schistosomes causant la dermatite du baigneur; les oeufs ont pu être libérés par d'autres types de douves dans les oiseaux. Pour vérifier s'il s'agit du schistosome à l'origine de la dermatite, des escargots locaux devraient être infectés avec les miracidiums prélevés des échantillons de fèces, et les cercaires qui en résultent, utilisées pour provoquer l'infection chez des volontaires humains.

Pour dépister les infections chez les hôtes intermédiaires, les escargots sont placés individuellement dans des tasses en plastique clair dans de l'eau de lac filtrée ou de l'eau osmotique et contrôlés périodiquement pour la libération de cercaires à l'aide d'un microscope à dissection. Les escargots qui n'expulsent pas de cercaires peuvent être examinés pour des sporocystes à l'aide d'un microscope à dissection en aplatissant les tissus mous de l'escargot entre deux plaques de verre. Une fois encore, cette méthode requiert de l'expertise pour distinguer les cercaires des sporocystes. Pour l'échantillonnage des populations naturelles d'escargots, une analyse de puissance à partir des variations de prévalence présentées au tableau 4 indique que 120 escargots devraient être prélevés et examinés pour pouvoir estimer la prévalence avec un intervalle de confiance de 95 % et une précision de 1 %.

L'examen des eaux naturelles pour y dépister les stades libres des schistosomes est plus exigeant techniquement. Giovenazzo *et al.* (1995) ont tenté de mesurer l'abondance des cercaires en filtrant de l'eau du fleuve Saint-Laurent à l'aide de filtres de différentes dimensions de mailles, mais l'accumulation de débris et de zooplancton a empêché d'obtenir des résultats fiables. Des essais d'hybridation et de réaction en chaîne de la polymérase (RCP) ont été employés avec succès pour détecter *Trichobilharzia ocellata* dans l'eau en visant des séquences d'ARN non codantes propres à l'espèce (Kozak-Ci•szczyk et W•drychowicz, 2003). L'essai le plus puissant et le plus précis, le RCP, permet de détecter une seule cercaire dans 0,5 g de plancton.

6 Mesures de contrôle

6.1 L'OISEAU HÔTE

Le praziquantel, un produit anthelminthique, semble prometteur pour le contrôle des schistosomes chez les oiseaux aquatiques et la réduction des cas de dermatite du baigneur. Le produit arrête la régénération constante du tégument chez le ver adulte et permet ainsi au système immunitaire des oiseaux de reconnaître et d'attaquer le pathogène (Roberts et Janovy, 1996). Des études au Michigan, décrites plus bas, indiquent qu'une seule dose appropriée du médicament peut débarrasser les oiseaux aquatiques des schistosomes et les rendre résistants à la réinfection. Encore plus important, cette méthode peut réduire la prévalence dans les populations d'hôtes intermédiaires et diminuer l'incidence de la dermatite du baigneur chez les humains.

Blankespoor et Reimink (1991) ont eu recours à du praziquantel pour débarrasser des Canards colverts de schistosomes en laboratoire et l'ont administré à la sauvagine résidante d'un lac pendant cinq étés consécutifs. Les canards étaient traités à tous les mois pour prévenir une réinfection. Les mentions de dermatites du baigneur ont diminué, et la prévalence de schistosomes chez l'escargot *Stagnicola emarginata* a fortement baissé (de 2 % à 0,1 %).

Reimink *et al.* (1995) ont montré qu'il n'était pas nécessaire d'administrer le praziquantel à plusieurs reprises. Après une seule dose orale à l'âge de quatre semaines, des Canards colverts montraient beaucoup moins d'infections, un an après, que les oiseaux qui n'avaient pas été traités. De surcroît, la prévalence d'escargots naturellement infectés dans les lacs où du praziquantel avait été utilisé pour traiter des oisillons était réduite de 1-2 % à 0,1-0,2 % l'année suivante.

Blankespoor *et al.* (2001) ont découvert que des injections uniques de praziquantel en doses de 200 mg/kg de poids corporel étaient plus efficaces pour réduire les charges de schistosomes fécaux chez le Grand Harle que des doses orales de moins de 40 mg/kg qui n'avaient aucun effet évident. La dose recommandée par le fabricant (Bayer) est de 40 mg/kg. La faible efficacité des doses de praziquantel administrées oralement chez le Grand Harle a été attribuée au plus court tractus gastro-intestinal de ces oiseaux piscivores qui résulte en un temps de digestion plus court que chez les espèces herbivores.

Bien que le praziquantel soit dispendieux, son utilisation comme méthode de lutte contre la dermatite du baigneur s'est avérée plus efficace et moins coûteuse que le molluscicide au sulfate de cuivre employé couramment aux sites du Michigan. De plus, le praziquantel n'était pas toxique pour les oiseaux, même à des doses 50 fois supérieures à la dose normale (Blankespoor et Reimink, 1991).

D'autres méthodes visant les hôtes définitifs pour réduire l'incidence de dermatites du baigneur ont été peu étudiées. Des tentatives faites par des résidants du lac Nairne (Québec) pour chasser les oiseaux aquatiques durant l'été n'ont pas produit les résultats escomptés : l'année suivante, la prévalence de cercaires chez les escargots avait augmenté (Giovenazzo, 2002). Leighton *et al.* (2000) suggèrent d'enlever les débris sur les rives des lacs où des oiseaux aquatiques comme le Grand Harle se posent, ce qui réduit la transmission de schistosomes aux escargots. Les riverains de lacs devraient éviter de nourrir les oiseaux aquatiques, ce qui les encourage à demeurer dans les environs et augmente les taux d'infections par les schistosomes (Blankespoor et Reimink, 1988b).

6.2 L'ESCARGOT HÔTE

Les mesures de contrôle relatives à l'hôte intermédiaire (l'escargot) peuvent être utilisées dans de petites zones comme une petite plage. Bien que des moyens chimiques aient été grandement utilisés pour réduire les populations d'escargots, des travaux récents laissent entrevoir que le dérangement mécanique de l'habitat de l'escargot est plus efficace et plus économique et qu'il présente moins de risque pour l'environnement.

Les molluscicides que l'on peut se procurer en Amérique du Nord incluent le sulfate de cuivre, le carbonate de cuivre, le pentachlorophénate de sodium et le niclosamide Baylucide® (Hoeffler, 1982). Le sulfate de cuivre, le molluscicide le plus communément employé en Amérique du Nord, a servi à contrôler la dermatite du baigneur dans un grand nombre de lacs du Michigan depuis les années 1930 (Blankespoor et Reimink, 1991). Ce produit chimique a eu des résultats discutables, pour lesquels diverses explications ont été avancées.

- Les escargots se reproduisent et se dispersent rapidement, ce qui rend une seule application locale inefficace.
- Le molluscicide est souvent appliqué dans des sites restreints sans se préoccuper des populations d'escargots voisines. La réduction de populations locales d'espèces

d'escargots qui ne sont pas contaminées par les schistosomes peut permettre la colonisation du site par des espèces vulnérables à l'infection.

- Si on ne tient pas compte des courants, des vents et de la chimie de l'eau de l'endroit, il peut y avoir dispersion ou précipitation du produit.
- Les escargots peuvent devenir résistants au sulfate de cuivre. *Lymnaea catascopium* et *Physa integra* provenant d'un lac déjà traité au sulfate de cuivre étaient plus résistants aux expositions au molluscicide en laboratoire que les escargots d'un lac non traité (Blankespoor *et al.*, 1985). De surcroît, les escargots les plus gros provenant de ces deux lacs étaient plus résistants que les plus petits. Cette constatation est importante parce que les plus vieux escargots, qui tendent à être plus gros, ont plus tendance à être infectés que les individus plus jeunes et plus petits (Graham, 2003).

En général, le plus gros inconvénient du sulfate de cuivre et d'autres molluscicides est leur toxicité potentielle pour d'autres formes de vie aquatique (Madsen, 1990; Blankespoor et Reimink, 1991).

Plusieurs études canadiennes ont examiné les techniques mécaniques de contrôle des escargots comme moyen de combattre la dermatite du baigneur. Une variété de méthodes mécaniques ont été utilisées sur une période de trois ans au lac Nairne, au Québec (Giovenazzo, 2002; Giovenazzo, 2003). Durant les étés de 2001 à 2003, *Lymnaea stagnicola* et des Planorbidés ont été enlevés à la main de certains sites, des faux ont été employées pour couper la végétation émergente (surtout *Scirpus*) à d'autres sites, et aucune mesure n'a été prise lorsqu'il y avait un faible nombre d'escargots. Ces efforts ont été évalués en comparant la densité d'escargots et la prévalence d'infections schistosomiales chez les escargots à différents sites. L'enlèvement de la végétation et/ou la perturbation de l'habitat associée à cette pratique semblent avoir été plus efficaces pour réduire les populations d'escargots que l'enlèvement des escargots à la main, qui n'a pas réduit les populations d'escargots de façon constante. Cependant, il est difficile d'évaluer la comparabilité des densités sur une période de trois ans, comme elles sont présentées par Giovenazzo (2002; 2003). Les densités semblent être fondées sur des nombres différents d'échantillons par année, prélevés durant différentes périodes chaque année et par différentes méthodes. En 2001, les densités d'escargots ont été calculées à partir d'une seule campagne d'échantillonnage manuel à une date non spécifiée; en 2002, l'échantillonnage, en cinq campagnes, a débuté en juin (certaines réalisées à la main, d'autres avec des râteaux); et en 2003, une seule campagne d'échantillonnage a été réalisée en mai, et la méthode de collecte n'est pas spécifiée. La prévalence d'infections par les schistosomes chez les escargots était plus forte à la

plupart des sites en 2002 qu'en 2001, mais il n'est pas clair comment les changements dans les populations d'escargots, dus à la perturbation de leur habitat, pourraient avoir un effet sur la prévalence. Les résultats relatifs à l'incidence de dermatites du baigneur ne sont pas présentés.

Au lac Cultus, en Colombie-Britannique, Leighton *et al.* (2000) ont étudié les effets d'une perturbation mécanique hebdomadaire de l'habitat d'escargots constitué de galets à trois paires de sites (un site d'essai, un site témoin), qui avaient initialement des densités de masses d'oeufs d'escargots similaires, durant la saison de reproduction. Après perturbation de l'habitat à l'aide d'un motoculteur monté sur un bateau et d'une dépierreuse montée sur un tracteur, les densités de *Stagnicola catascopium*, *Physa* spp. et *Gyraulus parvulus* ont été réduites de 96 % à 99 % en comparaison des sites témoins adjacents, 5 à 20 jours après le traitement. Il a été confirmé que les populations locales de ces espèces étaient les hôtes de *Trichobilharzia stagnicolae*, *T. physellae* et *Gigantobilharzia* sp., qui ont été reconnues pour causer la dermatite chez les humains. La réduction des densités d'escargots a été attribuée à la destruction de leur habitat durant les périodes de leur reproduction et de leur développement, ce qui a tué les escargots adultes, détruit le périphyton épilithique dont ils se nourrissent et exposé leurs oeufs à la prédation. Les auteurs ont remarqué que du sulfate de cuivre avait été utilisé antérieurement au lac Cultus sans effet notable. Aucun résultat n'a été présenté sur les effets de la perturbation de l'habitat sur l'incidence d'infections schistosomiales.

Lévesque *et al.* (2002) ont eu recours à une pompe à succion pour détruire l'habitat d'une population bien définie de *Physella gyrina*, qui semble avoir été la source d'une flambée d'infections schistosomiales au lac Beauport près de Québec en 1999. Aucune infection n'a été rapportée l'année suivante.

L'utilité de programmes de contrôle localisés qui visent les escargots peut être limitée par les vents et les courants. Les cercaires tendent à rester près de la surface de l'eau où elles peuvent être transportées par les courants générés par le vent vers d'autres zones; en théorie, cela peut résulter en zones de concentration de cercaires le long de la rive. Les vents dominants sur un lac peuvent indiquer la direction dans laquelle les cercaires sont transportées et, comme le suggèrent Leighton *et al.* (2000), des bouées mises à l'eau dans les zones de forte densité d'escargots peuvent servir à modéliser la dérive des cercaires.

Les études sur le contrôle biologique des schistosomes ont surtout porté sur le parasite de l'être humain, *Schistosoma*, en visant son hôte intermédiaire, *Biomphalaria*. L'emploi de

poissons qui se nourrissent de *Biomphalaria* s'est avéré difficile parce que les poissons changent de proie quand la densité des escargots diminue, ce qui n'a pas d'impact sur le taux de transmission du parasite (Madsen, 1990). L'introduction d'escargots qui peuvent entrer en compétition avec *Biomphalaria* a eu des résultats discutables parce que les compétiteurs potentiels finissent souvent par coexister avec *Biomphalaria* (Madsen, 1990). Une autre approche consiste à introduire des parasites qui interagissent avec les schistosomes dans l'escargot. Un groupe candidat est celui des Trématodes Échinostomes, qui infectent les escargots et se développent en rédies. Contrairement aux sporocystes des schistosomes, les rédies possèdent une bouche et un tube digestif dont elles se servent pour consommer les tissus de leur hôte et d'autres parasites, incluant les schistosomes. En conditions contrôlées, Lie (1973) a procédé à la dispersion d'oeufs d'Échinostomes pour réduire la prévalence de *Schistosoma* chez les escargots, ce qui a eu également pour bénéfice de réduire fortement la population d'escargots hôtes. La même interaction antagoniste entre parasites pourrait expliquer ce qui se produit dans un lac de Nouvelle-Zélande où Davis (1998) a observé que la prévalence maximale annuelle de schistosomes chez les escargots coïncidait avec la prévalence minimale annuelle de deux espèces d'Échinostomes. De la même façon, la prévalence maximale d'Échinostomes se produisait durant le mois où on ne trouvait pas de schistosomes chez les escargots. Les stratégies de contrôle biologique sont complexes et nécessitent une recherche importante en laboratoire et sur le terrain avant de tenter de les appliquer.

La prudence et la retenue sont de mise avant d'appliquer un programme de contrôle des escargots. Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a identifié des faiblesses dans les données sur deux mollusques rarement rencontrés au Québec, soit l'escargot *Physella parkeri latchfordi* et la patelle d'eau douce *Acroloxus coloradensis*. La destruction d'herbiers aquatiques ne devrait pas être entreprise sans prudence, surtout parce que son efficacité n'a pas été prouvée. Avant d'enlever la végétation, les espèces de plantes devraient faire l'objet d'un relevé pour s'assurer qu'aucune espèce à risque n'est présente, comme *Carex lupuliformis* (en voie de disparition), *Justicia americana* (menacée), *Cicuta maculata* var. *victorinii* (préoccupante) et *Gentianopsis procera* spp. *macounii* var. *victorinii* (menacée) (COSEPAC, 2004). Enfin, bien que la perturbation des habitats de l'escargot soit probablement moins nuisible pour les écosystèmes aquatiques que l'application de sulfate de cuivre, elle n'est pas « bénigne », comme le disent Leighton *et al.* (2000). Les Gastéropodes jouent un rôle crucial

dans la chaîne alimentaire des zones riveraines en convertissant le périphyton en une forme utilisable par d'autres organismes aquatiques (Giller et Malmqvist, 1998).

6.3 AUTRES MESURES DE CONTRÔLE

La dermatite du baigneur peut être évitée de façon fiable en empêchant la baignade dans les eaux où il y a des parasites. Toutefois, cela impose des restrictions qui ne sont pas réalistes sur les usages récréatifs des lacs et des eaux naturelles.

La prévention des infections schistosomiales à l'étape des interactions de la cercaire avec la peau d'un baigneur a reçu peu d'attention. Il est théoriquement possible de prévenir l'infection de la peau si cette dernière est asséchée avant que la pénétration cercariale puisse se produire, et un séchage vigoureux avec une serviette après la baignade est parfois recommandé pour cette raison (Blankespoor, 1980; Normandeau, 1988). De la même façon, certaines autorités locales recommandent de prendre une douche immédiatement après la baignade (de Gentile *et al*, 1996). L'utilité de ces pratiques n'a toutefois pas été démontrée (Hoeffler, 1982; de Gentile *et al*., 1996) et est douteuse, puisque les cercaires peuvent en théorie pénétrer la peau durant la plus ou moins longue période où le baigneur demeure dans l'eau avant de se sécher ou de prendre une douche.

L'emploi du N,N-diéthyl-3-méthylbenzamide (DEET) comme prophylaxie topique contre la pénétration des cercaires est plus prometteur. Salafsky *et al.* (1998) ont montré que le DEET à une concentration de 7,5 %, qu'on retrouve dans l'insectifuge Off®, immobilisait les cercaires de *Schistosoma* en moins de cinq minutes. Cependant, à cause de l'absorption rapide par la peau, la prophylaxie du DEET dure peu longtemps, allant de 30 minutes à six heures pour les insectes, et est encore plus brève dans le cas des cercaires. Salafsky *et al.* (1999) ont réussi à prolonger l'effet anticercarial du DEET chez des souris en préparant un composé à base de lipides à partir du produit. Des applications uniques de trois composés de DEET à 10 % ont fortement réduit, jusqu'à 24 heures après application, le nombre de vers de *Schistosoma* qui s'étaient établis dans les poumons de souris au cours d'un test de provocation avec des cercaires. En comparaison, le DEET seul a réduit fortement l'établissement de vers dans les poumons quatre heures après son application, mais n'avait aucun effet après 24 heures. Le composé le plus efficace était du DEET à 10 % dans du liposome ou « Lipodeet », qui a accordé une protection de 100 % contre la pénétration des cercaires même 48 heures après application. Le Lipodeet

(préparations à 10 % et 20 % de DEET) a procuré également jusqu'à 90 % de protection si on permettait aux souris de nager dans de l'eau tiède pendant une heure après application. Le DEET seul était légèrement efficace après une baignade de cinq minutes, et ses effets étaient absents après une baignade d'une heure. Bien que la toxicité reliée au DEET ne soit pas fréquente dans les applications topiques, Salafsky *et al.* (1999) ont comparé l'absorption de DEET par la peau en appliquant du Lipodeet et du DEET seul et ont découvert que la matrice de liposome réduisait beaucoup la quantité de DEET trouvée dans l'urine et le sang des souris après application.

Pour arriver à réduire les populations de schistosomes aviaires à l'échelle d'un lac, il est conseillé d'utiliser une approche multiple recourant à la perturbation des habitats de l'escargot et/ou au traitement des oiseaux avec des anthelminthiques. Les deux stratégies exigent de la main-d'oeuvre et la notification des autorités provinciales. En plus d'une expertise en biologie et en médecine vétérinaire, de l'équipement spécialisé est également nécessaire, comme des microscopes à dissection, du praziquantel, des pièges à guideaux, et la capacité d'identifier les taxons d'oiseaux, d'escargots et de trématodes ainsi que de piéger les oiseaux et de leur administrer des médicaments. Le contrôle des escargots peut exiger moins techniquement puisqu'il ne requiert pas de piéger des oiseaux ou d'administrer des anthelminthiques.

La prévention demeure une stratégie viable. En l'absence de mélanges commerciaux de DEET à base de lipides, des essais avec des insectifuges pourraient être faits avec l'aide d'un dermatologue ou d'un médecin et d'un biologiste. La sensibilisation du public aux facteurs de risque est une manière sûre de réduire les impacts (et espérons-le, l'incidence) des infections schistosomiales surtout si elle est accompagnée de la connaissance des sites endémiques dans un lac.

Références

Be'er, S.A. et S.M. German (1993). « Ecological prerequisites of worsening of the cercariosis situation in cities of Russia (Moscow region as an example) ». *Parazitologiya*, *27* : 441-449.

Blankespoor, H.D. (1980). « Answers to 25 of the most frequently asked questions about swimmer's itch ». *The Michigan Riparian*, mai : 8-23.

Blankespoor, H.D. et R.L. Reimink (1991). « The control of swimmer's itch in Michigan: Past, present, and future ». *Michigan Academician*, *24* : 7-23.

Blankespoor, H.D. et R.L. Reimink (1988a). « Swimmer's itch: A preventive approach ». *Lake Line*, septembre : 4-5.

Blankespoor, H.D. et R.L. Reimink (1988b). « The control of swimmer's itch in Michigan: Past, present, and future ». *Michigan Riparian*, mai : 10-19.

Blankespoor, H.D., S.C. Cameron et J. Cairns Jr (1985). « Resistance of pulmonate snail populations to repeated treatments of copper sulfate ». *Environmental Management*, *9* : 455-458.

Blankespoor, C.L., R.L. Reimink et H.D. Blankespoor (2001). « Efficacy of Praziquantel in treating natural schistosome infections in common mergansers ». *Journal of Parasitology*, *87* : 424-426.

Boissier, J., E.R. Rivera et H. Moné (2003). « Altered behaviour of the snail *Biomphalaria glabrata* as a result of infection with *Schistosoma mansoni* ». *Journal of Parasitology*, *89* : 429-434.

Chamot, E., L. Toscani et A. Rougemont (1998). « Public health importance and risk factors for cercarial dermatitis associated with swimming in Lake Leman at Geneva, Switzerland ». *Epidemiology and Infection*, *120* : 305-314.

Cort, W.W. (1928). « Schistosome dermatitis in the United States (Michigan) ». *Journal of the American Medical Association*, *90* : 1027-1029.

COSEPAC – Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (2004). *Espèces canadiennes en péril*. Environnement Canada, Service canadien de la faune.

Davis, N.E. (1998). « Population dynamics of and larval trematode interactions with *Lymnaea tomentosa* and the potential for biological control of schistosome dermatitis in Bremner Bay, Lake Wanaka, New Zealand ». *Journal of Helminthology*, *72* : 319-324.

de Gentile, L., H. Picot, P. Bourdeau, R. Bardet, A. Kerjan, M. Piriou, A. Le Guennic, C. Bayssade-Dufour, D. Chabasse et K.E. Mott (1996). « Cercarial dermatitis in Europe: A new public health problem? ». *Bulletin of the World Health Organization*, *74* :159-163.

de Jong-Brink, M., R.M. Hoek, W. Lageweg et A.B. Smit (1997). « Schistosome parasites induce physiological changes in their snail hosts by interfering with two regulatory systems, the internal defense system and the neuroendocrine system ». Dans N.E. Beckage (éd.), *Parasites and Pathogens: Effects on Host Hormones and Behaviour*. Chapman & Hall. New York.

Giller, P. et B. Malmqvist (1998). *The Biology of Streams and Rivers*. Oxford University Press. Oxford.

Ginetsinskaya, T.A. (1968). *Trematodes, their Life Cycles, Biology and Evolution*. Academy of Sciences of the USSR. Amerind Publishing Co., New Delhi.

Giovenazzo, P. (2003). « Deux ans d'intervention : Lutte à la dermatite du baigneur ». *L'écho du Lac*, 3 : 3. Association pour la protection de l'environnement du lac Nairne inc.

Giovenazzo, P. (2002). *Contrôle de la dermatite du baigneur*. Étude réalisée pour l'Association pour la protection de l'environnement du lac Nairne Inc.

Giovenazzo, P., B. Lévesque, E. Dewailly et A. Duval (1995). *Digeneae cercaria emergence from the aquatic snails of the St-Lawrence River in Québec City, Canada*. Direction régionale de la santé publique de Québec.

Graham, A. (2003). « Effects of snail size and age on the prevalence and intensity of avian schistosome infection: Relating laboratory to field studies ». *Journal of Parasitology*, *89* : 458-464.

Guth, B.D., H.D. Blankespoor, R.L. Reimink et W.C. Johnson (1979). « Prevalence of dermatitis-producing schistosomes in natural bird populations of lower Michigan ». *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, *46* : 58-63.

Hjørngaard Larsen, A., J. Bresciani et K. Buchmann (2004). « Increasing frequency of cercarial dermatitis at higher latitudes ». *Acta Parasitologica*, *49* : 217-221.

Hoeffler, D.F. (1982). « Cercarial dermatitis ». *Parasitic Zoonoses*. CRC Handbook Series in Zoonoses. Boca Raton, Fla.

Hoeffler, D.F. (1974). « Cercarial dermatitis. Its etiology, epidemiology, and clinical aspects ». *Archives of Environmental Health*, *29* : 225-229.

Horak, P. et L. Kolarova (2001). « Bird schistosomes: Do they die in mammalian skin? ». *Trends in Parasitology*, *17* : 66-69.

Horak, P., L. Kolarova et C.M. Adema (2002). « Biology of the schistosome genus *Trichobilharzia* ». *Advances in Parasitology*, *52* : 155-233.

ISQ (Institut de la Statistique du Québec) (2004). *Si la tendance se maintient... Perspectives démographiques, Québec et régions, 2001-2051.* Sur le site Internet : <www.stat.gouv.qc.ca/publications/demograp/pdf/tendance2001_2051.pdf>.

Jarchow, S. et A. Van Burkalow (1952). « A geographical study of "swimmer's itch" in the United States and Canada ». *Geographical Reviews, 42* : 212-226.

Keas, E.K. et H.D. Blankespoor (1997). « The prevalence of cercariae from *Stagnicola emarginata* (Lymnaeidae) over 50 years in Northern Michigan ». *Journal of Parasitology, 83* : 536-540.

Kock, S. (2001). « Investigations of intermediate host specificity help to elucidate the taxonomic status of *Trichobilharzia ocellata* (Digenea: Schistosomatidae) ». *Parasitology, 123* : 67-70

Kock, S. et W. Böckeler (1998). « Observations on cercarial chaetotaxy as a means for the identification of European species of *Trichobilharzia* Skrjabin & Zakharow, 1920 (Digenea: Schistosomatidae) ». *Systematic Parasitology, 43* : 159-166.

Kozak-Ci•szczyk, M. et H. W•drychowicz (2003). « The application of molecular techniques in environmental monitoring of helminth parasites ». *Acta Parasitologica, 48* : 73-82.

Leighton, B.J., S. Zervos et J.M. Webster (2000). « Ecological factors in schistosome transmission, and an environmentally benign method for controlling snails in a recreational lake with a record of schistosome dermatitis ». *Parasitology International, 49* : 9-17.

Lévesque, B., E. Dewailly et N. Boulianne (1990). « Étude descriptive de la dermatite cercarienne au Québec ». *Canadian Journal of Public Health, 81* : 329-330.

Lévesque, B., P. Giovenazzo, P. Guerrier, D. Laverdière et H. Prud'Homme (2002). « Investigation of an outbreak of cercarial dermatitis ». *Epidemiology and Infection, 129* : 379-386.

Lie, K.J. (1973). « Larval trematode antagonism: Principles and possible application as a control method ». *Experimental Parasitology, 33* : 343-349.

Lindblade, K.A. (1998). « The epidemiology of cercarial dermatitis and its association with limnological characteristics of a northern Michigan lake ». *Journal of Parasitology, 84* : 19-23.

Loken, B.R., C.R. Spencer et W.O. Granath Jr (1995). « Prevalence and transmission of cercariae causing schistosome dermatitis in Flathead Lake, Montana ». *Journal of Parasitology, 81* : 646-649.

Madsen, J. (1990). « Biological methods for the control of freshwater snails ». *Parasitology Today, 6* : 237-241.

Marcogliese, D.J. (2001). « Implications of climate change for parasitism of animals in the aquatic environment ». *Canadian Journal of Zoology, 79* : 1331-1352.

McDonald, M.E. (1969). *Catalogue of Helminths of Waterfowl (Anatidae).* Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, U.S.A.. Rapport n° 126.

Minchella, D.J. (1985). « Host life-history variation in response to parasitism ». *Parasitology, 90* : 205-216.

Normandeau, J. (1988). *Dermatite des Nageurs.* Département de santé communautaire – Hôtel-Dieu de Saint-Jérôme.

Penner, L.R. (1941). « The possibilities of systemic infection with dermatitis-producing schistosomes ». *Science, 93* : 327-328.

Pietrock, M. et D.J. Marcogliese (2003). « Free-living endohelminth stages: At the mercy of environmental conditions ». *Trends in Parasitology, 19* : 293-299.

Reimink, L.R., J.A. DeGoede et H.D. Blankespoor (1995). « Efficacy of praziquantel in natural populations of mallards infected with avian schistosomes ». *Journal of Parasitology, 81* : 1027-1029.

Ridenour, N. (2003). « Prevention key to managing swimmer's itch ». *Nurse Practitioner, 28* : 54-55.

Roberts, L.S. et J. Janovy Jr (1996). *Gerald D. Schmidt & Larry S. Roberts' Foundations of Parasitology, 5th Edition.* Wm. C. Brown, McGraw-Hill, Toronto.

Salafsky, B., K. Ramaswamy, Y. He, G.L. Anderson et D.K. Nowicki (1998). « Evaluation of N,N-diethyl-m-toluamide (DEET) as a topical agent for preventing skin penetration by cercariae of *Schistosoma mansoni* ». *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 58* : 828-834.

Salafsky, B., K. Ramaswamy, Y. He, J. Li et T. Shibuya (1999). « Development and evaluation of lipodeet, a new long-acting formulation of N,N-diethyl-m-toluamide (DEET) for the prevention of schistosomiasis ». *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 61* : 743-750.

Smyth, J.D. et D.W. Halton (1983). *The Physiology of the Trematodes, 2nd Edition.* Cambridge University Press, Cambridge.

Sousa, W.P. (1983). « Host life history and the effect of parasitic castration on growth: A field study of *Cerithidea californica* Haldeman (Gastropoda: Prosobranchia) and its trematode parasites ». *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 73* : 273-296.

Swales, W.E. (1936). « Schistosome dermatitis in Canada. Note on two causative agents and their snail hosts in Manitoba ». *Canadian Journal of Research, 14* : 6-10.

Thorp, J.H. et A.P. Covich (2001). *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates, 2nd edition*. Academic Press, New York.

Verbrugge, L.M, J.J. Rainey, R.L. Reimink et H.D. Blankespoor (2004). « Prospective study of swimmer's itch incidence and severity ». *Journal of Parasitology, 90* : 697-704.

Zbikowska, E. (2004). « Infection of snails with bird schistosomes and the threat of swimmer's itch in selected Polish lakes ». *Parasitology Research, 92* : 30-35.